Lernleistungen und Rangbeziehungen von Laborratten und deren experimentelle Beeinflussung in der Zweifachmusterwahlanlage

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften

der Fakultät für Biologie
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

vorgelegt
von
Peter Jankov
aus Budapest

1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536517_0038

LERNLEISTUNGEN UND RANGBEZIEHUNGEN VON LABORRATTEN UND DEREN EXPERIMENTELLE BEEINFLUSSUNG IN DER ZWEIFACHMUSTERWAHLANLAGE

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften

der Fakultät für Biologie
der Eberhard - Karls - Universität Tübingen

vorgelegt
von

Peter Jankov
aus Budapest

1984

Tag der mündlichen Prüfung: 11. 10. 1984

Dekan: Professor Dr. H.U. Seitz
1. Berichterstatter: Professor Dr. R. Apfelbach
2. Berichterstatter: Professor Dr. W. Harder

Danksagung

Allen voran möchte ich Herrn Professor Dr. R. Apfelbach für die Anregung der Arbeit, sowie für manchen hilfreichen Hinweis und für seine fördernde Kritik herzlich danken. Herrn Professor Dr. W. Harder danke ich für seine kritische Auseinandersetzung mit der Arbeit. Ein besonderer Dank gilt Herrn Dipl. Soz. Päd. J. Priel für seine unermüdliche Diskussionsbereitschaft und zahlreiche Anregungen.

Meinen Eltern, Schwiegereltern und meiner lieben Frau danke ich für ihre Unterstützung während der Durchführung der Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung und Problemstellung	1
2.	Allgemeine Angaben über das Versuchsmaterial und Methoden	4
3.	Experimentelles Vorgehen und Ergebnisse zur ersten Problemstellung: Beziehung zwischen Lerngeschwindigkeit, Alter und Geschlecht, sowie experimentelle Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit	5
3.1.	Experimentelles Vorgehen	5
3.2.	Spezielle Versuchszielsetzung und Ergebnisse	9
3.2.1.	Lerngeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Alter	10
3.2.2.	Lerngeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Geschlecht	13
3.2.3.	Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit	16
3.2.3.1.	Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit durch Kastration im männlichen Geschlecht	16
3.2.3.2.	Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit durch Haloperidol	17
3.2.3.3.	Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit durch N-Acetyl-Glucosamin	18
3.2.4.	Zusammenfassende Darstellung	20
4.	Experimentelles Vorgehen und Ergebnisse zur zweiten Problemstellung: Bedeutung von Rangbeziehungen auf Verhaltensleistungen in der Zweifachmusterwahlanlage, sowie experimentelle Beeinflußung der Rangbeziehungen	23

4.1.	Experimentelles Vorgehen	23
4.2.	Spezielle Versuchszielsetzung und Ergebnisse	26
4.2.1.	Rangbeziehungen bei männlichen und weiblichen Laborratten	27
4.2.2.	Rangbeziehungen zwischen männlichen und weiblichen Laborratten	29
4.2.3.	Beeinflußung der Rangbeziehungen	31
4.2.3.1.	Auswirkungen einer Kastration im männlichen Geschlecht	31
4.2.3.2.	Auswirkungen einer Haloperidol-Behandlung	35
4.2.4.	Zusammenfassende Darstellung	38
5.	Diskussion	41
5.1.	Zur Abhängigkeit der Lerngeschwindigkeit von Alter, Geschlecht und weiteren Faktoren	41
5.2.	Rangbeziehungen bei Ratten in Wahlsituationen und deren experimentelle Beeinflußung	49
6.	Zusammenfassung	52
7.	Literatur	54
8.	Anhang	60
8.1.	Versuchsdaten zur ersten Problemstellung	60
8.2.	Versuchsdaten zur zweiten Problemstellung	60

1. Einleitung und Problemstellung

Für Sokrates (575 v. Chr.) bestand "Lernen" in einem Erinnern von Informationen, die bereits seit Generationen in der Seele des Menschen wohnen. Immerhin vergingen über 2000 Jahre, bis John Locke (1632-1704) zu der Feststellung kam, Lernen beruht auf Erfahrungen (in Domagk u. Zippel, 1970). So verstanden, werden Lernvorgänge als die Schaffung erfahrungsbedingter Verhaltensänderungen formuliert. Diese Verhaltensänderungen verstehen Laudien (1977) und Lorenz (1978) als eine Anpassung des Verhaltens an Umweltbedingungen.

Strebt man eine Definition des Lernens an, so ist es sinnvoll, zunächst all diejenigen Verhaltensänderungen, die auf der Basis neuartiger Reizsituationen auftreten, näher zu analysieren. Buchholtz (1982) unterscheidet Reifungsprozesse, Altersveränderungen, Umstimmungsprozesse, Ermüdung, biorhythmisch bedingte Verhaltensänderungen und pathologisch verursachte Veränderungen von solchen Verhaltensänderungen, die, definitionsgemäß, auf Lernvorgänge zurückführbar sind.

Die ersten Anfänge, Lernvorgänge physiologisch zu betrachten, gehen auf Bechterew und Pawlow zurück: "Bechterew (1856-1927), der Schöpfer der Psychoreflexologie, nahm an, daß alles tierische und menschliche Verhalten, sowohl das nach außen sichtbare, als auch das geistige und seelische, seine physiologische Grundlage hat. Diese Grundlage sei der natürliche oder künstliche Reflex" (Apfelbach, 1984, in Druck). Die wichtigsten Prinzipien von Pawlows System faßt Apfelbach wie folgt zusammen: ... "Demnach befindet sich der Organismus in einer Umwelt, der er durch angeborene Reflexe angepaßt ist oder sich durch erworbene Reflexe anpaßt.

Das beobachtete natürliche oder experimentell erzeugte Verhalten läßt sich daher durch folgende drei Stufen der Nerventätigkeit erklären: Durch die angeborenen und erworbenen Reflexe, durch Assoziationen zwischen diesen Reflexen und durch ihre Steuerung" (Apfelbach, 1984, in Druck).

In diesem Sinne scheint folgende Definition des Lernens umfassend zu sein: "Lernen ist der Vorgang, durch den eine Aktivität im Gefolge von Reaktionen des Organismus auf eine Umweltsituation entsteht oder verändert wird. Dies gilt jedoch nur, wenn sich die Art der Aktivitätsänderung nicht auf der Grundlage angeborener Reaktionstendenzen, von Reifung oder von zeitweiligen Zuständen (z.B. Ermüdung, Drogen etc.) erklären läßt" (Hilgard und Bower, S. 16, 1975).

Für die nähere Untersuchung der Grundlagen für Lernvorgänge wurden experimentelle Eingriffe verschiedenster Art vorgenommen. So gelang es Agranoff (1967) durch intracranial verabreichtes Puromycin die Proteinsynthese im Gehirn von Fischen zu hemmen. Trotz dieses Eingriffes konnten die Fische einen Stromstoß, der auf ein Lichtsignal folgte, durch Davonschwimmen vermeiden; das gelernte konnte aber nicht im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Damit schien die Ausbildung des Langzeitgedächtnisses mit der Bildung spezieller Proteine zusammenzuhängen. Domagk und Zippel (1970) folgern aus zahlreichen Arbeiten zur Herausformung des Gedächtnisses: "Während der ersten Phase der Gedächtniskonsolidierung, die unabhängig von Proteinsynthese ist, beobachtet man eine gesteigerte elektrische Aktivität; das Gedächtnis ist jetzt noch löschbar durch Elektroschock. Es folgt eine Zwischenphase ohne gesteigerte elektrische Aktivität, aber auch ohne Proteinsynthese; erst eine ganz späte Phase bringt dann die Synthese spezifischer Eiweißkörper" (Domagk und Zippel, S. 158, 1970).

Als physiologische Grundlage von Lernvorgängen nahm Eccles (1977) eine durch vermehrten Gebrauch verbesserte Durchlässigkeit der synaptischen Membran an. Die post-tetanische - Potentierung (gesteigerte Reaktion auf einen einzelnen Testreiz nach einer vorangegangenen tetanischen Serienreizung) würde demnach im Sinne einer plastischen Änderung der neuronalen Aktivität die Grundlage für das Ultra-Kurzzeit- und Kurzzeit-Gedächtnis darstellen. Für die Speicherung im Langzeitgedächtnis müßten hingegen cytologische und / oder biochemische Entwicklungsprozesse angenommen werden.

Auf die aufgeführten Grundlagen aufbauend befassen sich verschiedene Untersuchungsschwerpunkte der Forschung mit dem Phänomen "Lernen": Einerseits wird die Abhängigkeit von Lernvorgängen von verschiedenen ontogenetischen und physiologischen Faktoren untersucht, andererseits steht die Suche nach möglichen Mechanismen, die den Lernvorgängen zugrundeliegen, im Mittelpunkt vieler Fragestellungen. Die vorliegende Arbeit befaßt sich ganz entsprechend mit zwei ineinandergreifenden Problemstellungen:

1) Bei der ersten Problemstellung geht es um die Feststellung von Abhängigkeiten zwischen Lerngeschwindigkeit, Alter und Geschlecht der Versuchstiere. In einem sich daran anschließenden zweiten Schritt wird durch experimentelle Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit nach möglichen Mechanismen dieser Abhängigkeiten, sowie von Lernvorgängen allgemein, gesucht.

2) Bei der zweiten Problemstellung wird geprüft, ob die Lerngeschwindigkeit mit den Rangbeziehungen der Tiere untereinander korreliert ist. Speziell wird untersucht, ob ein Tier, das eine Diskriminationsaufgabe besonders schnell erlernt, in seiner Lebensgemeinschaft eine hervorragende Stellung einnimmt. Dazu werden zunächst die Rangbeziehungen ermittelt, um dann durch deren experimentelle Beeinflußung, nach weiteren zugrundeliegenden Mechanismen zu suchen.

2. Allgemeine Angaben über das Versuchsmaterial und Methoden

Die Untersuchung von Lernvorgängen unter dem Einfluß von verschiedenen physiologischen Zuständen ist von den entwicklungsbedingten Änderungen des Lernverhaltens grundsätzlich zu trennen. Rensch (ausführliche Darstellung 1973), der sich mit Lernvorgängen intensiv beschäftigte, empfielt daher nur Versuchstiere des gleichen Geschlechts, Alters, Ernährungs- und Gesundheitszustandes, sowie des gleichen Zuchtstammes miteinander zu vergleichen. In diesem Sinne dienten für die vorliegende Untersuchung 58 weibliche und 33 männliche Ratten (Stamm "Wistar") unterschiedlichen Alters als Versuchstiere. Alle Tiere stammten aus eigener Zucht. Jeweils im Alter von 25 Tagen wurden die Jungtiere von der Mutter entfernt und, nach dem Geschlecht getrennt, in geräumigen Sammelkäfigen aufgezogen.

Während der Lernversuche wurden die Tiere in Einzelkäfigen untergebracht. Futter (Pressfutter, Sonnenblumenkerne und Obst) stand den Tieren jeweils 12 Stunden vor Versuchsbeginn nicht mehr zur Verfügung; die Wasseraufnahme war immer möglich. Nach jeder Versuchsserie konnten die Tiere für 12 Stunden nach Belieben Futter zu sich nehmen.

Zur Bestimmung der Rangbeziehungen blieben die jeweiligen Gruppen zusammen. Vor der Durchführung der futterbelohnten "Konkurrenzläufe" wurde den Tieren wiederum 12 Stunden vor Versuchsbeginn die Nahrung entzogen, Wasser stand weiterhin uneingeschränkt zur Verfügung.

3. Experimentelles Vorgehen und Ergebnisse zur ersten Problemstellung:

Beziehung zwischen Lerngeschwindigkeit, Alter und Geschlecht, sowie experimentelle Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit

3.1. Experimentelles Vorgehen

Zur Bestimmung der Lerngeschwindigkeiten wurde eine von Schmidt (1979) entwickelte Versuchsanlage zur visuellen Musterunterscheidung bei Ratten modifiziert Nachgebaut (Jankov und Apfelbach, 1981). Diese Anlage ist in Abb. 1 dargestellt.

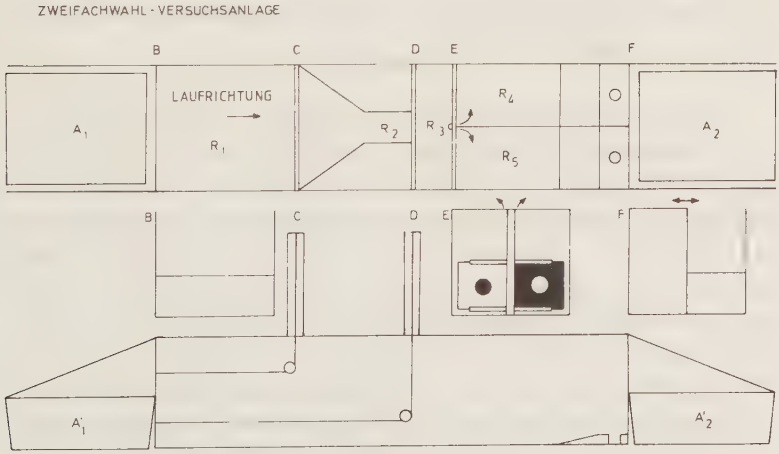


Abb. 1: Versuchsanlage. Oben: Aufsicht; Mitte: Querwände; Unten: Seitenansicht (Weitere Erklärung im Text)

Für die Außenwände, den Boden und die inneren Abgrenzungen wurde Kunststoff verwendet; die Schiebewand (D) vor den Türen (E) und die obere Abdeckung bestand aus Plexiglas. Von den beiden Stirnseiten her ließen sich Einzelkäfige (A_1 und A_2), in denen die Versuchstiere auch gehalten wurden, an die Versuchsanlage anschließen.

Bei einem Versuch gelangt das Versuchstier (VT) aus dem Startkäfig (A_1) über den Warteraum (R_1) in den Wahl- oder Positionsraum (R_2). Dieser Raum zwingt durch seitliche Einengungen das VT in eine Mittelposition vor der Entscheidungsstelle (R_3). Die durchsichtige Schiebewand (D) hindert das VT an einem unaufmerksamen Durchrennen der Versuchsapparatur und zugleich stoppt sie das VT in einem optisch günstigen Abstand (8 cm) vor den Türen (E). Jede Tür ist mit einem Zeichen (schwarzer bzw. weißer Kreis auf weißem bzw. schwarzem Untergrund) versehen (Vergl. Maier, 1932; Reetz, 1958). Nach einer kurzen Wartezeit zieht der Experimentator die Schiebewand (D) per Seilzug hoch. Das VT muß nun eines der beiden Zeichen wählen und die Tür öffnen (Abb. 2), um über den Raum R_4 oder R_5 an die Belohnungsstelle (Futter) und in den Zielkäfig (A_2) zu gelangen.

Bei Richtigwahl wird das VT am Ende des Ganges mit Futter belohnt und kann anschließend sofort in den Zielkäfig springen. Bei Falschwahl erfolgt keine Belohnung und der Zugang zum Zielkäfig wird für 3 Sekunden versperrt. Nach einem Durchgang wird der Zielkäfig mit dem Startkäfig ausgetauscht, und ein neuer Durchlauf kann erfolgen, ohne daß das VT angefaßt werden muß.

Während der Eingewöhnung wurde jedes einzelne Tier auf Spontantendenzen überprüft. Konnte die Bevorzugung eines der beiden Zeichen nachgewiesen werden, so wurde es als das unbelohnte Negativzeichen gewählt; war keine Seitenbevorzugung nachweisbar, galt der weiße Punkt auf schwarzem Untergrund als belohntes Positivzeichen.

Abb. 2: Das Versuchstier öffnet eine der beiden Türen

Um die Dressur einer Seitenstetigkeit bzw. einer geruchlichen Orientierung in der Versuchsapparatur auszuschließen, erfolgte ein zufallsgemäßer Seitenwechsel der Dressurzeichen. An einem Tag wurden 18 Läufe pro Tier durchgeführt.

Die Auswertung der gesammelten Daten erfolgte nach der Sequenzanalyse (Harder et al., 1972). Bei dieser Methode wird jeder Versuch durch ein Kästchen angezeigt. Für jedes positive Ergebnis wird ein diagonal benachbartes Quadrat markiert. Für das Wählen des unbelohnten Negativzeichens wird ein Kästchen rechts neben der letzten Eintragung umrandet (Abb. 3). Die Anzahl der benötigten Läufe (Kästchen) bis zum definierten Lernerfolg gilt als Maßzahl für die Lerngeschwindigkeit der Versuchstiere. Je weniger Versuche

zum Erreichen des definierten Lernerfolgs durchgeführt werden mußten, umso schneller hat das VT gelernt. Zur Bestimmung der benötigten Läufe bis zum definierten Lernerfolg werden Schablonen mit eingezeichneten Linien der Annahmegrenzen bei zugelassenen Irrtumswahrscheinlichkeiten an die Lernkurve angelegt, wobei der Schnittpunkt ihrer Koordinaten an die letzte Eintragung der letzten größeren Serie von Falschwahlen vor dem Abknicken der Kurve in die positive Richtung anzulegen ist. Erst wenn die Lernkurve die so angelegte Grenzgerade überschreitet und nicht mehr auf die Gerade oder darunter abfällt, ist der definierte Lernerfolg erreicht. In Abb. 3 ist die Lernkurve eines Versuchstieres mit Signifikantsgrenze dargestellt. Als Signifikantsgrenze galt eine 95% -ige Wahrscheinlichkeit bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit für eine Wahl im Dressursinne.

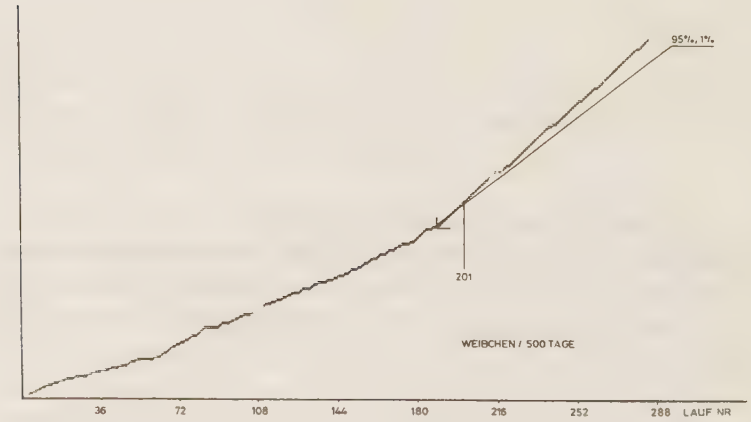


Abb. 3: Lernkurve eines Versuchstieres mit Signifikantsgrenze

Die Ergebnisse wurden mit dem nicht parametrischen Mann-Whitney U-Test überprüft (Signifikanz mit $p < 0,05$).

3.2. Spezielle Versuchszielsetzung und Ergebnisse

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Lerngeschwindigkeit im visuellen Bereich an 42 weiblichen und 28 männlichen Laborratten

1) verschiedener Altersstufen
2) unterschiedlichen Geschlechts und
3) nach experimentellen Eingriffen

zu ermitteln.

3.2.1. Lerngeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Alter

Weibchen:

Die Ergebnisse erlauben eine statistisch abgesicherte Einteilung der Tiere in fünf Gruppen. Die Zuordnung der Tiere in die einzelnen Gruppen ist in Tabelle 1 dargestellt. Insgesamt können die Gruppen I (32-40 Tage), III (65 Tage) und V (360-500 Tage) statistisch gegen die Gruppen II (52 Tage) und IV (70-220 Tage) abgesichert werden. Die zuletzt genannten Gruppen lernten signifikant schneller als die anderen Gruppen.

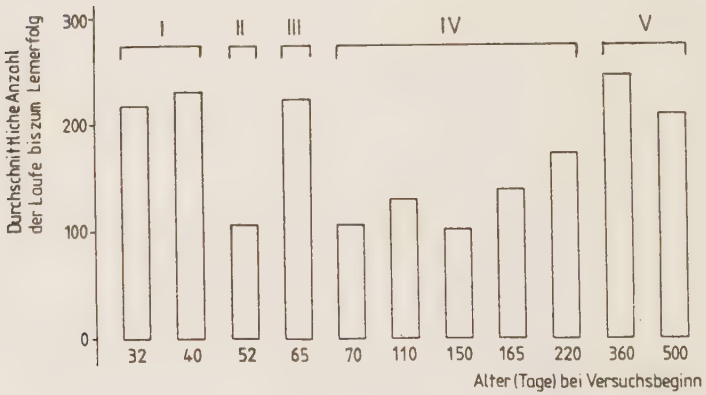


Abb. 4: Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Weibchen

Tabelle 1: Gruppeneinteilung und durchschnittliche Anzahl der Läufe bis zum Lernerfolg der Weibchen (Vergl. Anlagen 1-12)

Gruppe	Alter (Tage)	Anzahl der Läufe	Durchschnittliche Anzahl der Läufe	Signifikanz d.Differenz ($p < 0,05$)
I	32/40	8	223,3 ± 41,5	0,02
II	52	4	105,5 ± 23,5	0,012
III	65	7	222,7 ± 57,3	0,01
IV	70/110/ 150/165/ 220	16	126,8 ± 41,2	0,001
V	360/500	7	239,0 ± 53,8	

Männchen:

Auch bei den Männchen lassen sich fünf Gruppen unterscheiden. Die Zuordnung der Tiere in die einzelnen Gruppen ist in Tab. 2 dargestellt. Die Tiere der Gruppen II (52-70 Tage) und IV (165-175 Tage) weisen eine signifikant höhere Lerngeschwindigkeit auf als die aller anderen Gruppen.

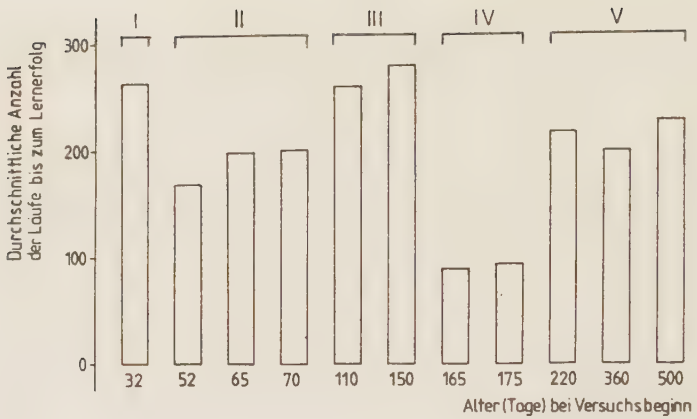


Abb. 5: Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Männchen

Tabelle 2: Gruppeneinteilung und durchschnittliche Anzahl der Läufe bis zum Lernerfolg der Männchen (Vergl. Anlagen 13-22)

Gruppe	Alter (Tage)	Anzahl der Tiere	Durchschnittliche Anzahl der Läufe	Signifikanz d.Differenz ($p < 0,05$)
I	32	4	262,8 ± 20,8	
II	52/65/70	10	177,0 ± 46,2	0,01
III	110/150	3	265,0 ± 22,2	0,025
IV	165/175	4	89,5 ± 26,8	0,028
V	220/360 500	7	205,9 ± 18,5	0,003

3.2.2. Lerngeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Geschlecht

Für die Feststellung der Abhängigkeit der Lerngeschwindigkeit vom Geschlecht wurden die Ergebnisse der Weibchen den Ergebnissen der Männchen für jede einzelne Altersstufe gegenübergestellt (Tab. 3). Die Abb. 6 zeigt die graphische Gegenüberstellung der Lernergebnisse für jede einzelne Altersstufe der Weibchen und Männchen.

Vergleicht man die von allen Weibchen bzw. Männchen durchschnittlich benötigte Anzahl der Läufe bis zum Lernerfolg, findet man keine geschlechtsspezitische, signifikante Unterschiede hinsichtlich der Lerngeschwindigkeit (Tab. 3).

Tabelle 3: Durchschnittliche Anzahl der Läufe bis zum Lern-Erfolg der Altersstufen 32-500 Tage in Abhängigkeit vom Geschlecht (Vergl. Anlagen 1-22)

Alter (Tage)	Durchschnittliche Anzahl der benötigten Läufe bis zum Lernerfolg		Signifikanz der Differenz ($p < 0{,}005$)
	Weibchen:	Männchen:	
32	217,3 ± 22,4	262,8 ± 20,8	0,014
40	229,3 ± 58,4	-	-
52	105,5 ± 23,5	143,3 ± 17,0	0,029
65	222,7 ± 57,3	199,0 ± 49,8	n.s.
70	105,0 ± 36,6	200,5 ± 57,3	n.s.
110	129,8 ± 14,2	259,0 ± 26,9	n.s.
150	101,0 ± 41,2	279	n.s.
165	137,0 ± 21,2	88,7 ± 32,7	n.s.
175	-	92	-
220	172,0 ± 55,6	216	n.s.
360	245,3 ± 56,0	207,4 ± 20,2	0,009
500	201	188	n.s.
Mittelwert aller Tiere	177,8 ± 69,1 (42 Tiere)	193,5 ± 63,1 (28 Tiere)	n.s.

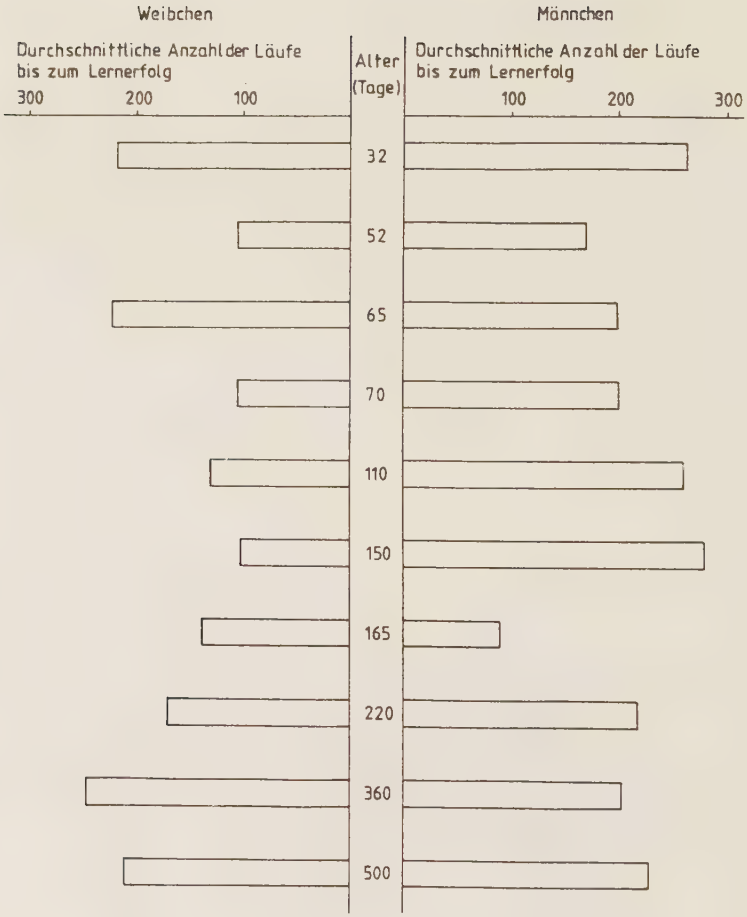


Abb. 6: Vergleich der Lernergebnisse für jede einzelne Altersstufe der Weibchen und Männchen

Der Vergleich der Männchen- und Weibchengruppen (Tab. 4) zeigt, daß die aufgrund der Lerngeschwindigkeiten eingeteilten Gruppen in beiden Geschlechtern unterschiedliche Altersstufen umfassen. Sowohl bei den Männchen, als auch bei den Weibchen lernten die Gruppen II und IV schneller als die übrigen Gruppen. Diese altersbedingten Unterschiede sind statistisch signifikant.

Tabelle 4: Vergleich der Männchen- und Weibchengruppen

Gruppe	Durchschnittliche Anzahl der Läufe (Männchen)	Altersstufe (Tage)	Durchschnittliche Anzahl der Läufe (Weibchen)	Altersstufe (Tage)
I	262,8 ± 20,8	32	223,3 ± 41,5	32/40
II	177,0 ± 46,2	52/65/70	105,5 ± 23,5	52
III	265,0 ± 22,2	110/150	222,7 ± 57,3	65
IV	89,5 ± 26,8	165/175	126,8 ± 41,2	70/110/150/165/220
V	205,9 ± 18,5	220/360 500	239,0 ± 53,8	360/500

3.2.3. Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit

Zum besseren Verständnis sind vor den jeweiligen Ergebnissen die speziellen Versuchszielsetzungen dargestellt.

3.2.3.1. Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit durch Kastration im männlichen Geschlecht

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Frage formuliert, ob bzw. wie eine Kastration im männlichen Geschlecht die Lerngeschwindigkeit beeinflußt. Für die Versuchsdurchführung wurden zwei Monate vor Versuchsbeginn fünf geschlechtsreife Rattenmännchen kastriert. Zu Versuchsbeginn waren sie 360 Tage alt. Als Kontrolltiere dienten 5 Männchen derselben Altersstufe.

Während die kastrierten Tiere nach durchschnittlich 153 Läufen die Diskriminationsaufgabe beherrschten, benötigten die Kontrolltiere durchschnittlich 207 Läufe. Dieses Ergebnis ist mit $p = 0{,}004$ statistisch abgesichert.

Tabelle 5: Durchschnittliche Anzahl der Läufe bis zum Lernerfolg kastrierter Männchen und ihrer Kontrollgruppe (Vergl. Anlagen 13, 21, 23, 24)

Alter (Tage)	Durchschnittliche Anzahl der Läufe kastrierter Männchen (5 Tiere)	Durchschnittliche Anzahl der Läufe der Kontrolltiere (5 Tiere)	Signifikanz der Differenz ($p < 0{,}05$)
360	$153{,}4 \pm 46{,}6$	$207{,}4 \pm 20{,}2$	0,004

3.2.3.2. Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit durch Haloperidol

Wie Arbeiten von Beninger (1980 a und b) und Schmidt (1982) zeigen, ist Assoziationslernen bei Tieren, deren dopaminerge Neurotransmission blockiert ist, möglich. Dieser Befund steht im Gegensatz zu zahlreichen Arbeiten, aus denen hervorgeht, daß eine Blockade der dopaminergen Transmission zu Lerndefiziten allgemeiner Art führen. Um zu überprüfen, ob während der Dressurzeit unter der Einwirkung von Haloperidol Lernvorgänge ohne signifikanten Lernerfolg stattgefunden haben, wurde in der vorliegenden Untersuchung vier weiblichen Ratten bis zum 20. Versuchstag (360. Lauf), jeweils eine Stunde vor Versuchsbeginn, Haloperidol (0,05 mg/kg Körpergewicht) i.m. injiziert. Die Kontrollgruppe wurde mit derselben Menge physiologischer Kochsalzlösung behandelt. Nach Absetzen der Drogengabe wurde die Dressur bis zum Erreichen des Lernkriteriums fortgesetzt.

Wie die Lernkurven (Anlage 25) zeigen, trat bis zum 360. Lauf bei keinem der mit Haloperidol behandelten Versuchstiere eine Änderung im Dressursinne ein. Erst nach Absetzen der Drogenbehandlung ab dem 360. Lauf, stiegen die Lernkurven (bei VT A und VT B sofort, bei VT C und VT D verzögert) an; alle VT erreichten das gesetzte Lernkriterium nach durchschnittlich 420 Läufen. Die Kontrollgruppe war dagegen bereits nach durchschnittlich 229 Läufen erfolgreich.

Obwohl während der Drogengabe bis zum 360. Lauf keine Änderung des Verhaltens im Dressursinne festgestellt werden konnte, wurde nach Absetzen der Drogengabe das Lernkriterium bereits nach durchschnittlich 60 weiteren Läufen erreicht (Tabelle 6).

Tabelle 6: Durchschnittliche Anzahl der Läufe bis zum Lernerfolg mit Haloperidol behandelter Weibchen (Haloperidolgabe bis zum 20. Versuchstag) und ihrer Kontrollgruppe (Vergl. Anlagen 1, 3, 23, 25)

Alter (Tage)	Durchschnittliche Anzahl der Läufe Haloperidol-behandelter Weibchen (4 Tiere)	Durchschnittliche Anzahl der Läufe der Kontrolltiere (4 Tiere)	Signifikanz der Differenz ($p < 0,05$)
40	$419,5 \pm 37,2$ Nach Absetzen der Drogengabe: $59,5 \pm 37,2$	$229,3 \pm 58,4$	0,014

3.2.3.3. Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit durch N-Acetyl-Glucosamin

Wie u.a. Rahmann et al. (1976) annahmen, spielt die Plastizität der synaptischen Transmission bei Lernvorgängen eine entscheidende Rolle. Diese Autoren vermuten weiterhin, daß funktionsbedingte Änderungen der Synapsen möglicherweise durch die Erhöhung des Gehaltes der Sialoglucomakromoleküle, speziell der Ganglioside, hervorgerufen werden. Demzufolge müßte ein Eingriff in die Synthese der Polysialomakromoleküle einen Einfluß auf Lernvorgänge haben.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Wirkung von N-Acetyl-Glucosamin, eine Vorstufe der Polysialomakromoleküle (Warren, 1966), auf die Lerngeschwindigkeit bei Ratten überprüft. Die Untersuchungen wurden an 12 weiblichen Ratten durchgeführt. Zu Versuchsbeginn waren die Tiere 40, 65 und

360 Tage alt. Den einzelnen Altersstufen wurden unbehandelte, gleichaltrige Kontrollgruppen gegenübergestellt. Die Tiere erhielten während der Dressurzeit täglich 3 mal 30 mg N-Acetyl-Glucosamin mit einem Stück Banane p.o. verabreicht. Die Kontrolltiere bekamen nur die Banane.

Der Vergleich der Mittelwerte (Tabelle 7) läßt statistisch abgesichert nur für die Altersstufe 65 Tage eine Unterscheidung zu. Für die Altersstufen 40 und 360 Tage besteht zwar die Tendenz zu einer Verbesserung der Lerngeschwindigekit durch N-Acetyl-Glucosamin, eine statistisch abgesicherte Aussage ist jedoch nicht möglich.

Tabelle 7: Durchschnittliche Anzahl der Läufe bis zum Lernerfolg mit N-Acetyl-Glucosamin behandelter Weibchen und ihre Kontrollgruppen (Vergl. Anlagen 1, 3, 5, 11, 23, 26, 28)

Alter (Tage)	Durchschnittliche Anzahl der Läufe N-Acetyl-Glucosmin-behandelter Weibchen (4/6 und 2 Tiere)	Durchschnittliche Anzahl der Läufe der Kontrolltiere (4/7 und 6 Tiere)	Signifikanz der Differenz ($p < 0,05$)
40	205,3 $\pm$ 16,6	229,3 $\pm$ 58,4	n.s.
65	133,8 $\pm$ 46,1	222,7 $\pm$ 57,3	0,007
360	169,5 $\pm$ 0,7	245,3 $\pm$ 56,0	n.s.

3.2.4. Zusammenfassende Darstellung

Im folgenden seien die Ergebnisse zur ersten Problemstellung (Beziehung zwischen Lerngeschwindigkeit, Alter und Geschlecht, sowie experimentelle Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit) zusammengefaßt.

1) Hinsichtlich der Abhängigkeit der Lerngeschwindigkeit vom Alter wurde festgestellt, daß die Lerngeschwindigkeit altersabhängigen Schwankungen unterliegt. Eine erste "gute" Lernphase befindet sich sowohl bei den Weibchen, als auch bei den Männchen um den 50. Lebenstag. Ab etwa dem 60. Lebenstag sinkt die Lerngeschwindigkeit in beiden Geschlechtern ab. Bei den Weibchen befindet sich eine zweite, lang ausgeprägte, "gute" Lernphase zwischen dem 70. und 170. Lebenstag. Bei den Männchen befindet sich eine zweite "gute", allerdings deutlich kürzere Lernphase zwischen dem 165. und 175. Lebenstag. Die absolut besten Ergebnisse wurden von den Männchen der zuletztgenannten Altersstufe erzielt, die nach durchschnittlich 90 Versuchen das Lernkriterium erreichten.

Die Ergebnisse der Weibchen erlauben eine statistisch abgesicherte Einteilung der Tiere in fünf Gruppen, wobei die Gruppen II (52 Tage) und IV (70-220 Tage) schneller lernten als die Gruppen I (32-40 Tage), III (65 Tage) und V (360-500 Tage). Auch bei den Männchen lassen sich fünf Gruppen unterscheiden: Die Gruppen II (52-70 Tage) und IV (165-175 Tage) lernten ebenfalls schneller als die Gruppen I (32 Tage), III (110-150 Tage) und V (220-500 Tage).

Vergleicht man die Männchen- und Weibchengruppen I-V, so zeigt sich, daß die eingeteilten Gruppen in beiden Geschlechtern unterschiedliche Altersstufen umfassen.

2) Die Untersuchung zur Feststellung der Abhängigkeit der Lerngeschwindigkeit vom Geschlecht ergab, daß die Weibchen der Altersstufen 32 und 52 Tage statistisch signifikant schneller lernten als die gleichalten Männchen, während die Männchen der Altersstufe 360 Tage die Diskriminationsaufgabe schneller erlernten als die Weibchen derselben Altersstufe. Der Gesamtvergleich der Ergebnisse aller Weibchen mit den Ergebnissen aller Männchen ergibt durchschnittlich 178 Läufe für die Weibchen und 197 Läufe für die Männchen, jedoch läßt sich diese Differenz statistisch nicht absichern.

3) Mit der experimentellen Beeinflußung (Kastration) der Lerngeschwindigkeit bei adulten, männlichen Ratten sollte geklärt werden, ob Testosteron auch auf nicht sexuelle Verhaltensqualitäten, insbesondere auf die Lerngeschwindigkeit, einwirkt. Die Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit durch Kastration männlicher Ratten ergab, daß adult kastrierte, männliche Ratten nach durchschnittlich 153 Läufen die Diskriminationsaufgabe beherrschten, während die normalen Männchen erst nach durchschnittlich 204 Läufen erfolgreich waren (Signifikanz: $p < 0{,}004$).

4) Mit einer Haloperidol-Behandlung wurde die Rolle des dopaminergen Systems bei Lernvorgängen näher analysiert. Insbesondere ging es um die Frage, ob während der Dressurzeit unter der Einwirkung von Haloperidol Lernvorgänge ohne signifikantem Lernerfolg stattfinden können.

Wie die Ergebnisse zeigen, ist bis zum 360. Lauf bei keinem der Haloeridol-behandelten Tiere eine Änderung im Dressursinne nachzuweisen. Im Vergleich dazu waren die nicht behandelten Kontrolltiere nach durchschnittlich 229 Läufen erfolgreich. Nach Absetzen der Drogengabe vom 360. Lauf an erreichten die Versuchstiere nach durchschnittlich weiteren 60 Läufen das gesetzte Lernkriterium.

5) Mit N-Acetyl-Glucosamin wurde versucht, die Plastizität der synaptischen Transmission im Zusammenhang mit dem Erlernen einer Diskriminationsaufgabe, zu beeinflußen.

Die Ergebnisse zeigen, daß die behandelten Tiere der Altersstufe 65 Tage nach durchschnittlich 134 Läufen erfolgreich waren, während die Kontrolltiere 222 Läufe benötigten, um das Lernkriterium zu erreichen ($p < 0{,}007$). Diese Tendenz zu einer verbesserten Lerngeschwindigkeit der mit N-Acetyl-Glucosamin behandelten Tiere zeigt sich auch für die Altersstufe 360 Tage; die Versuchstiere benötigten durchschnittlich 170 Läufe,die unbehandelten Kontrolltiere hingegen 245 Läufe bis zum Lernerfolg. Bei der Altersstufe 40 Tage waren die Versuchstiere nach durchschnittlich 229 Läufen erfolgreich.Statistisch kann aber lediglich das Ergebnis der Altersstufe 65 Tage abgesichert werden.

4. Experimentelles Vorgehen und Ergebnisse zur zweiten Problemstellung:

Bedeutung von Rangbeziehungen auf Verhaltensleistungen in der Zweifachmusterwahlanlage, sowie experimentelle Beeinflußung der Rangbeziehungen

4.1. Experimentelles Vorgehen

Zur Bestimmung der Rangbeziehungen wurden die Mitglieder der jeweiligen Rattengruppe paarweise in die Laufapparatur gesetzt. Mit diesem Versuch wurde ermittelt, welches Tier die Belohnung in Konkurrenz mit dem jeweiligen Partner erhascht. Jedes Tier mußte gegen jedes Tier der Gruppe 20 mal in Konkurrenz treten. Die Ergebnisse sind als Differenzen (Abb. 8) dargestellt.

Die Konkurrenzläufe wurden in einer Männchengruppe (5 Tiere) und in einer Weibchengruppe (3 Tiere), sowie in einer Gruppe kastrierter Männchen (5 Tiere) durchgeführt. Weiterhin traten die Mitglieder der einzelnen Gruppen gegeneinander in Konkurrenz um die Belohnung.

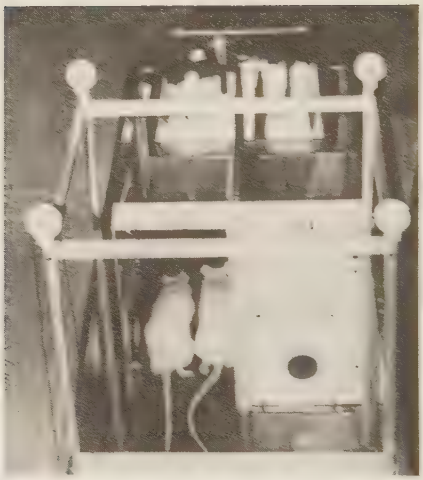


Abb. 7: Zwei Ratten, die auf den weißen Punkt dressiert sind, in Konkurrenz um die Belohnung

Paarung:	Ergebnis:	Diff.:
A - B	18 : 2	+16
A - E	18 : 2	+16
A - C	19 : 1	+18
A - D	19 : 1	+18
B - A	2 : 18	-16
B - C	20 : 0	+20
B - D	14 : 6	+ 8
B - E	19 : 1	+18
C - A	1 : 19	-18
C - B	0 : 20	-20
C - D	18 : 2	+16
C - E	17 : 3	+14
D - A	1 : 19	-18
D - B	6 : 14	- 8
D - C	2 : 18	-16
D - E	18 : 2	+16
E - B	1 : 19	-18
E - C	3 : 17	-14
E - D	2 : 18	-16
E - A	2 : 18	-16

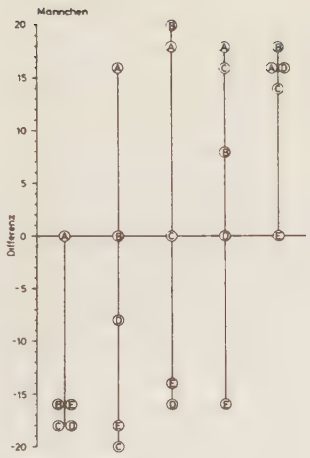


Abb. 8: Berechnung der Ergebnisdifferenzen und deren graphische Darstellung aus der Perspektive eines jeden Versuchstieres der Gruppe

Im Beispiel der Abb. 8 setzte sich VT A gegen VT B 18 mal von den insgesamt 20 Versuchen durch. Das Ergebnis ist A:B = 18:2. Die Differenz dieses Ergebnisses beträgt 18-2 = 16 für VT A und 2-18 = -16 für VT B. Demnach steht VT A mit der Kennziffer 16 über VT B, umgekehrt steht VT B mit der Kennziffer -16 unter VT A. Bei einem Unentschieden 10:10 ist die Differenz 10-10 = 0, beide Tiere stehen auf gleicher Höhe nebeneinander auf der 0-Linie.

4.2. Spezielle Versuchszielsetzung und Ergebnisse

Durch die Feststellung von Rangbeziehungen in Wahlsituationen

1) bei Männchen, Weibchen und

2) zwischen Männchen und Weibchen

wurde untersucht, ob die Lerngeschwindigkeit mit möglichen Rangbeziehungen der Tiere untereinander korreliert. Ebenso wurde untersucht, ob sich durch eine

3) experimentelle Beeinflußung

die Rangbeziehungen verändern lassen.

4.2.1. Rangbeziehungen bei männlichen und weiblichen Laborratten

Männchengruppe:

In der Männchengruppe erhaschte VT A in der Konkurrenzsituation gegenüber allen übrigen Gruppenmitgliedern in den meisten Fällen die Futterbelohnung. Eine ähnliche Situation stellt sich für VT B dar, außer, daß es gegenüber VT A nur selten erfolgreich war. VT C konnte sich gegenüber den Gruppenmitgliedern VT E und VT D in den meisten Fällen erfolgreich durchsetzen, hingegen erhielt es in Konkurrenz mit VT A und VT B nur selten die Futterbelohnung. VT D war lediglich gegenüber VT E erfolgreich; VT E erhielt in Konkurrenz mit jedem einzelnen Gruppenmitglied nur selten eine Futterbelohnung.

Auffallend ist die rangordnungsähnliche Organisation der Tiere. So steht kein Tier über VT A; über VT B steht VT A; über VT C stehen VT A und VT B; über VT D stehen VT A, VT B und VT C und über VT E stehen VT A, VT B, VT C und VT D.

Wie Tabelle 8 zeigt, korrelieren die Rangbeziehungen A-E nicht mit der Lerngeschwindigkeit oder mit dem Körpergewicht der Tiere.

Weibchengruppe:

In der Weibchengruppe erlangte VT a in den meisten Fällen der Konkurrenzsituation gegenüber allen anderen Mitgliedern die Futterbelohnung. VT b nahm in den meisten Versuchen die Futterbelohnung vor VT c, hingegen kam es in Konkurrenz mit VT a nur selten zu einer Belohnung. VT c konnte

in den 40 Konkurrenzläufen gegen VT a und VT b nur 3 mal eine Futterbelohnung bekommen.

Auch bei den Weibchen ist eine rangordnungsähnliche Organisation der Tiere auffällig. So steht kein Tier über VT a; über VT b steht VT a und über VT c stehen VT a und VT b.

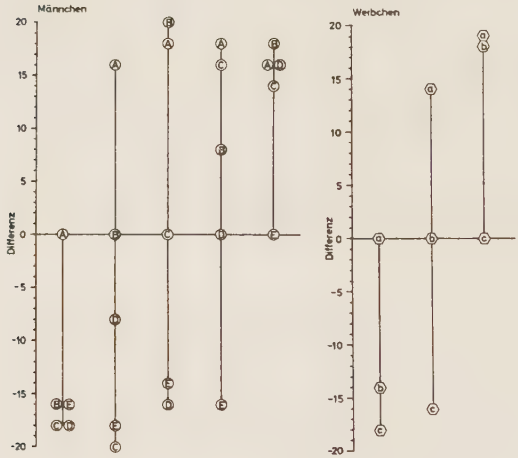


Abb. 9: Graphische Darstellung der Rangbeziehungen bei männlichen (A, B, C, D, E) und weiblichen (a, b, c) Laborratten

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Rangbeziehungen A-E mit dem Körpergewicht und der Lerngeschwindigkeit bei den Männchen (Vergl. Anlagen 13, 21, 19)

Tier	Gewicht (Gramm)	Anzahl der Läufe
A	352	180
B	420	227
C	337	223
D	426	193
E	317	214

4.2.2. Rangbeziehungen zwischen männlichen und weiblichen Laborratten

In der Darstellung der Rangbeziehungen aus der Perspektive der Männchen in Abb. 10 ist auffällig, daß in den meisten Fällen die Symbole für die Weibchen über der O-Linie liegen. Auch diejenigen Symbole der Weibchen, die unterhalb der O-Linie liegen, sind zumindest in der Nähe der O-Linie abgebildet, da in den meisten Fällen die Weibchen die Futterbelohnung nahmen. Von den insgesamt 300 durchgeführten Konkurrenzläufen zwischen den Geschlechtern nahmen in 219 Versuchen die Weibchen die Belohnung (Tabelle 9). Das bedeutet, daß 73% der Futterbelohnung von den Weibchen und 27% von den Männchen genommen wurde.

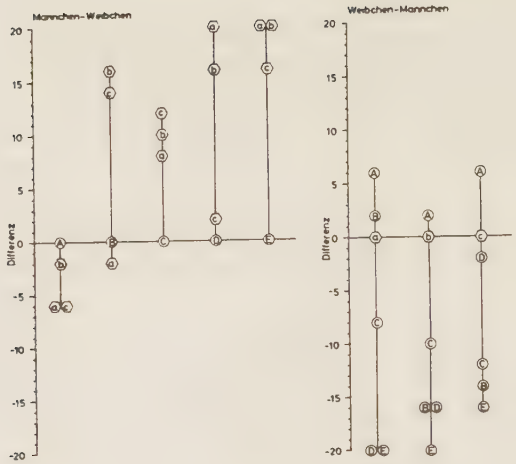


Abb. 10: Graphische Darstellung der Rangbeziehungen zwischen männlichen (A, B, C, D, E) und weiblichen (a, b, c) Laborratten

Tabelle 9: Gesamtanteil der von den Männchen bzw. Weibchen genommenen Futterbelohnung in der Konkurrenzsituation zwischen den Geschlechtern (Vergl. Anlage 29)

Anzahl der insgesamtdargebotenen Futterbelohnung	Anzahl und %-Anteil der von den Männchen genommenen Futterbelohnung	Anzahl und %-Anteil der von den Weibchen genommenen Futterbelohnung
300 (100%)	81 (27%)	219 (73%)

4.2.3. Beeinflußung der Rangbeziehungen

Zum besseren Verständnis sind vor den jeweiligen Ergebnissen die speziellen Versuchszielsetzungen dargestellt.

4.2.3.1. Auswirkungen einer Kastration im männlichen Geschlecht

Zielsetzung der nachstehenden Untersuchung war die nähere Analyse von Auswirkungen einer Kastration im männlichen Geschlecht für das weitere Leben in der Gemeinschaft mit Artgenossen. Insbesondere wurde bei den kastrierten Männchen die mit der Kastration verbundenen Verhaltensänderungen in der Konkurrenzsituation untersucht.

Bei den verwendeten Versuchstieren handelte es sich um die kastrierten Ratten, die bereits hinsichtlich ihrer Lerngeschwindigkeit (Vergl. Anlagen 23, 24) getestet wurden. Auch in diesem Fall wurde untersucht, ob die Rangbeziehungen mit der Lerngeschwindigkeit korrelieren.

Jedes kastrierte Tier mußte gegen jedes normale Männchen der gleichaltrigen Männchengruppe in Konkurrenz treten. Schließlich erfolgte die Gegenüberstellung der kastrierten Männchen mit normalen Weibchen.

Während bei den Männchen, wie auch bei den Weibchen die Anzahl der Tiere über der O-Linie mit der Reihenfolge A-E bzw. a-c korreliert, trifft dies bei den kastrierten Männchen nur für VT A', VT D' und VT E' zu (Abb. 11). In der Gruppe der kastrierten Männchen korrelieren Lerngeschwindigkeit und Körpergewicht nicht mit den ermittelten Rangbeziehungen (Tabelle 10).

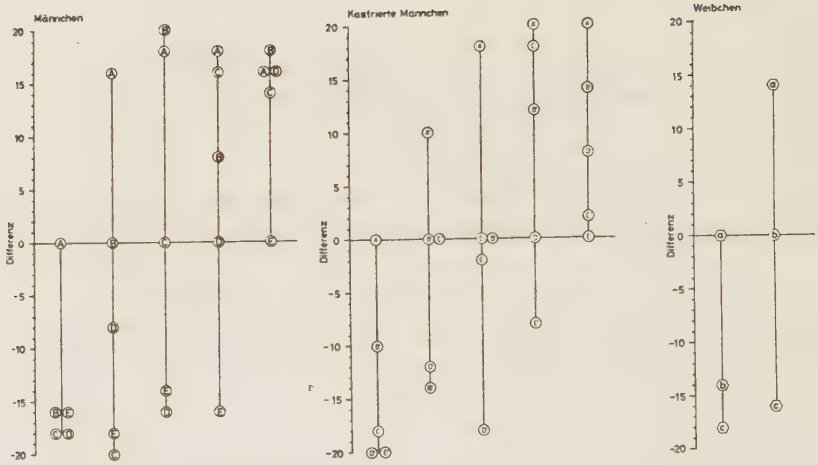


Abb. 11: Vergleichende Darstellung der Rangbeziehungen der Männchen (A, B, C, D, E), kastrierter Männchen (A', B', C', D', E') und der Weibchen (a, b, c)

Tabelle 10: Gegenüberstellung der Rangbeziehungen A' - E' mit dem Körpergewicht und der Lerngeschwindigkeit bei kastrierten Männchen (Vergl. Anlagen 23, 24)

Tier	Gewicht (Gramm)	Anzahl der Läufe
A'	358	162
B'	275	175
C'	342	181
D'	324	71
E'	339	178

Abbildung 12 zeigt, daß in den meisten Versuchen die kastrierten Männchen A´und B´in der Konkurrenzsituation mit normalen Männchen die Futterbelohnung nahmen. Die Gegenüberstellung der Versuchstiere C´, D´und E´mit normalen Männchen zeigt hingegen, daß in den meisten Fällen die normalen Tiere die Futterbelohnung nahmen.

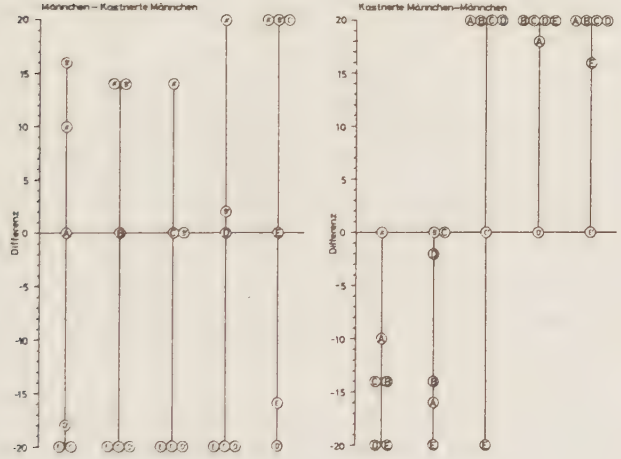


Abb. 12: Gegenüberstellung der kastrierten Männchen (A´, B´, C´, D´, E´) mit normalen Männchen (A, B, C, D, E)

Das kastrierte Männchen A´nahm in Konkurrenz mit Weibchen überhaupt keine Futterbelohnung an. Ähnlich stellt sich das Ergebnis für VT B´dar. VT C´nahm vor den Weibchen b und c in den meisten Versuchen die Belohnung. Die VT D´und VT E´nahmen nur vereinzelt eine Futterbelohnung vor den Weibchen.

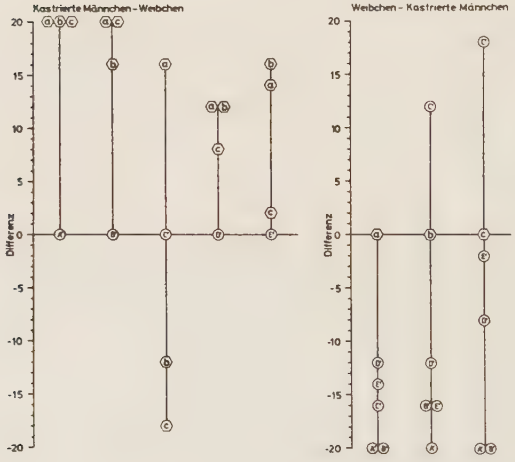


Abb. 13: Gegenüberstellung der kastrierten Männchen (A´, B´, C´, D´, E´) mit normalen Weibchen (a, b, c)

4.2.3.2. Auswirkungen einer Haloperidol-Behandlung

Mit dieser Untersuchung wurde überprüft, ob das Neuroleptikum Haloperidol das Verhalten und die Rangbeziehungen eines in der vorgegebenen Konkurrenzsituation hervorragenden Versuchstieres beeinflußt. Außerdem war zu klären, ob drogenbedingte Änderungen der Rangbeziehungen nach Absetzen der Drogenbehandlung beibehalten werden. Damit wurde schließlich auch die Stabilität bestehender Rangbeziehungen überprüft.

Abbildung 14 (links) zeigt die Rangbeziehungen der Männchen, die vor der Drogenbehandlung von VT A ermittelt wurden. Der mittlere Teil der Abbildung 14 gibt die Rangbeziehungen wieder, die nach einer 3-tägigen Haloperidolbehandlung (täglich 0,5 mg Haloperidol i.m. injiziert) von VT A festgestellt wurde. Auf der rechten Seite dieser Abbildung sind die Rangbeziehungen nach weiteren 3 Tagen dargestellt, wobei VT A täglich 1 mg Haloperidol injiziert erhielt.

In der Ausgangssituation nahm VT A in den meisten Versuchen die Futterbelohnung (Abb. 14, links). Nach den ersten drei Behandlungstagen (täglich 0,5 mg Haloperidol) nahm VT A zwar immer noch in den meisten Versuchen die Belohnung, aber nach weiteren drei Behandlungstagen (täglich 1,0 mg Haloperidol) veränderten sich die Rangbeziehungen grundlegend: VT A bekam nur noch selten eine Futterbelohnung, wobei jedoch eine Beeinträchtigung der Lokomotion des behandelten Tieres nicht beobachtet werden konnte.

In Abbildung 14 läßt sich außerdem eine Umstrukturierung der Rangbeziehungen für VT C und VT E beobachten: VT E, das in der Ausgangssituation nur selten zu einer Futterbelohnung kam, nahm während der Drogenbehandlung von VT A in der Konkurrenzsituation zunehmend öfters eine Futterbe-

lohnung. Wie in der Abbildung 14 (rechts) dargestellt, nahm VT E nicht nur vor VT A, sondern auch vor VT C in den meisten Konkurrenzläufen die Belohnung.

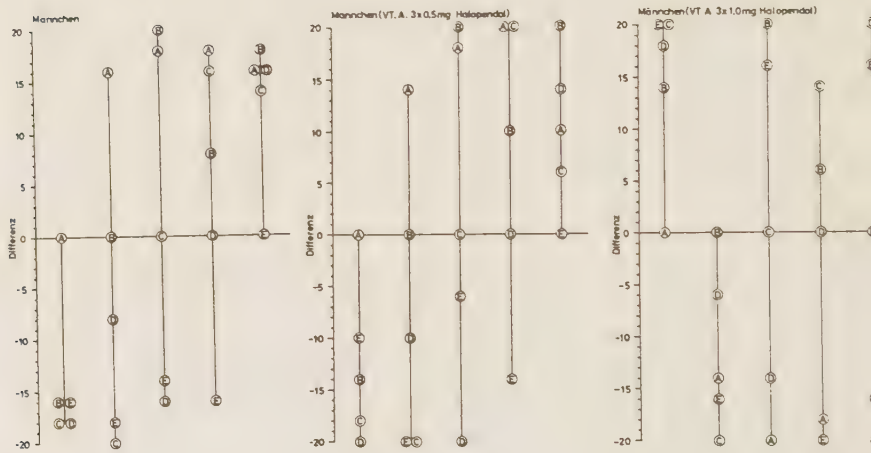


Abb. 14: Änderungen der Rangbeziehungen während einer Haloperidolbehandlung von VT A

Nach Beendigung der insgesamt sechstägigen Haloperidolbehandlung wurden die Rangbeziehungen erneut getestet (Abb. 15, rechts). VT A erlangte seine ursprüngliche Position wieder und nahm in den meisten Konkurrenzläufen die Futterbelohnung. Außerdem zeigt der Vergleich der Rangbeziehungen vor und nach der Drogenbehandlung von VT A, daß VT C, nach der Drogenbehandlung von VT A, in fast allen Konkurrenzläufen keine Futterbelohnung mehr bekam.

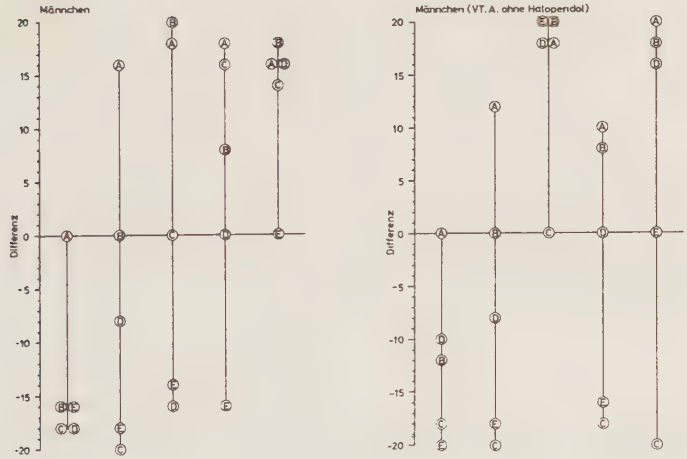


Abb. 15: Vergleich der Rangbeziehungen vor und nach der Haloperidolbehandlung von VT A

4.2.4. Zusammenfassende Darstellung

Im folgenden werden die Ergebnisse zur zweiten Problemstellung (Bedeutung von Rangbeziehungen auf Verhaltensleistungen in der Zweifachmusterwahlanlage, sowie experimentelle Beeinflußung der Rangbeziehungen) zusammengefaßt.

1) Nachdem die Altersabhängigkeit der Lerngeschwindigkeit feststand, wurde gefragt, ob diese mit den Rangbeziehungen der Tiere untereinander korreliert.

In der futterbelohnten Konkurrenzsituation erwies sich bei den Männchen VT A als "erfolgreichstes" Tier - es nahm in den meisten Versuchen vor dem jeweiligen Partner die Futterbelohnung. Am "schlechtesten" schnitt VT E ab - alle anderen Tiere nahmen in den meisten Versuchen vor ihm die Futterbelohnung. Die übrigen Tiere lassen sich in der genannten Reihenfolge zwischen VT A und VT E einordnen. Wie eine nähere Betrachtung der Männchengruppe zeigt, korrelieren die Rangbeziehungen A-E nicht mit der Lerngeschwindigkeit oder mit dem Körpergewicht.

In der Weibchengruppe war VT a im Vergleich mit den anderen Tieren in den meisten Versuchen "erfolgreich", am "schlechtesten" schnitt VT c ab. VT b nahm eine Zwischenstellung zwischen VT a und VT c ein.

2) Die Konkurrenzläufe zwischen den Geschlechtern ergaben, daß von den insgesamt 300 (100%) Konkurrenzläufen in 219 (73%) Versuchen ein Weibchen die Futterbelohnung erlangte, während die restlichen 81 (27%) Futterbelohnungen von den Männchen genommen wurden.

3) Bei den kastrierten Männchen waren die Rangbeziehungen ähnlich wie bei den normalen Männchen, doch waren die Rangpositionen nicht so deutlich ausgeprägt.

Die Gegenüberstellung kastrierter Männchen mit normalen Männchen zeigte, daß die kastrierten Männchen VT A´und VT B´ in den meisten Konkurrenzläufen vor den normalen Männchen die Futterbelohnung nahmen, während VT C´, VT D´, und VT E´in den meisten Versuchen keine Futterbelohnung bekamen.

Das kastrierte VT A´bekam in Konkurrenz mit den Weibchen überhaupt keine Belohnung. Auch das kastrierte Männchen VT B´ nahm in den insgesamt 60 Konkurrenzläufen mit Weibchen nur zweimal eine Belohnung. Im Vergleich dazu nahm das normale Männchen VT A von den insgesamt 60 Konkurrenzläufen gegen die Weibchen 37 mal und das normale Männchen VT B 16 mal eine Futterbelohnung.

4) Durch die Verabreichung von Haloperidol an VT A der Männchengruppe, das in den meisten Fällen der durchgeführten Läufe die Futterbelohnung nahm, wurde die Bedeutung einer Haloperidolbehandlung für das soziale Zusammenleben in der Gemeinschaft mit Argenossen, sowie die Stabilität bestehender Rangbeziehungen untersucht.

In der Ausgangssituation nahm VT A in den meisten Konkurrenzläufen mit den übrigen Gruppenmitgliedern die Futterbelohnung. Nach drei Behandlungstagen mit Haloperidol (täglich 0,5 mg Haloperidol) änderten sich die Rangbeziehungen nur geringfügig. Nach weiteren drei Behandlungstagen (täglich 1,0 mg Haloperidol) änderten sich die Rangbeziehungen grundlegend; VT A bekam nur noch selten eine Futterbelohnung. Außerdem ließ sich eine Umstrukturierung der Rangbeziehungen für VT C und VT E beobachten. VT E, das in der Ausgangssituation nur selten zu einer Futterbelohnung kam, nahm während der Drogenbehandlung von VT A zunehmend öfter

eine Futterbelohnung vor VT C (und VT A). Drei Tage nach Beendigung der Drogengabe erlangte VT A seine ursprüngliche Position wieder, d.h. in den meisten Konkurrenzläufen nahm es die Futterbelohnung selbst zu sich. Die veränderten Rangbeziehungen für VT C und VT E blieben jedoch auch nach Beendigung der Drogengabe bestehen.

5. Diskussion

5.1. Zur Abhängigkeit der Lerngeschwindigkeit von Alter, Geschlecht und weiteren Faktoren

Bei Säugern durchläuft das Gehirn während der postnatalen Entwicklung verschiedene Entwicklungsstufen. Zum Zeitpunkt der Geburt ist das Gehirn, was die Neuronenzahl anbelangt, voll ausgebildet, doch weist es ein hohes Maß an struktureller und funktioneller Anpassungsfähigkeit auf. Durch die Wechselwirkung zwischen der Umwelt und dem reifenden Zentralnervensystem wird das Gehirn ausgeformt (Conel, 1970; Grave, 1972). Wie auch Arbeiten von Shapiro und Kukovich (1969), Freeman et al. (1972) und Wiesel et al. (1971) zeigen, vermag das Zentralnervensystem in "kritischen Phasen" der frühen Ontogenese intensiv auf Umweltreize mit weitgehend irreversiblen Struktur- und damit auch Funktionsänderungen zu reagieren. Verhaltensänderungen sind daher bei sehr jungen Tieren nur schwer zu beurteilen; so sind beispielsweise die olfaktorischen Bindungen junger Ratten an ihre Mutter (Leon und Moltz, 1971) wohl eher als Prägung, denn als Lernvorgang zu deuten.

Einige Experimente haben aber gezeigt, daß Lernprozesse bei verschiedenen Säugern und bei nestflüchtenden Vögeln schon kurz nach der Geburt bzw. dem Schlüpfen einsetzen (Rensch, 1973). Darüber hinaus gibt es offensichtlich altersabhängige Unterschiede in der Lerngeschwindigkeit, wobei die besten Lernphasen bei den meisten Arten wohl in der Jugend liegen. Nach Zimmermann und Torrey (1965) ist die Lerngeschwindigkeit bei jungen Rhesusaffen geringer als bei adulten Artgenossen; nach Harlow (1959) und Freigley und Spear (1970 scheint das Generalisationsvermögen adulter Tiere

besser zu sein, als bei Jungtieren. Auch von Vögeln (Rettler, 1960) und Fischen (Engels, 1963; Kerth, 1967) werden altersabhängige Unterschiede der Lerngeschwindigkeit berichtet. Hühner und Karpfen (Engels, 1963) lösen in der Jugend einfache Farb- und Formsehprobleme zum Teil schneller als adulte Tiere; schwierigere schwarz-weiß Gestaltunterscheidungen werden dagegen von älteren schneller erlenrt. Über die Lerngeschwindigkeit der Ratte findet man in der Literatur folgende Feststellungen: Das beste Lernalter der Ratte liegt zwischen dem 25. und 90. Lebenstag (Hubbert, 1915); Abnahme des Lernvermögens nach dem 75. Lebenstag (Liu, 1928); die Lernfähigkeit nimmt bis zum 30. Lebenstag zu und bleibt bis zum vollendeten zweiten Lebensjahr konstant (Munn, 1950); Spitzen der Lerngeschwindigkeit lassen sich im dritten Lebensmonat nachweisen (Bättig und Grandjean, 1959). Diese an Ratten erarbeiteten Ergebnisse sind recht widersprüchlich, zumal die Begriffe Lernfähigkeit und Lerngeschwindigkeit unterschiedlich gebraucht wurden und keine Unterscheidung zwischen den Geschlechtern vorgenommen worden ist.

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, daß die Lerngeschwindigkeit der Laborratte altersabhängigen Schwankungen unterliegt. Jüngere Tiere sind nicht, wie Munn (1950) berichtet, grundsätzlich schneller als adulte Artgenossen. Nach den ermittelten Ergebnissen befindet sich eine erste "gute" Lernphase um den 50. Lebenstag in beiden Geschlechtern, doch ab etwa dem 60. Lebenstag sinkt die Lerngeschwindigkeit in beiden Geschlechtern ab. Zwischen dem 70. und dem 170. Lebenstag befindet sich eine zweite "gute" Lernphase bei den Weibchen, während bei den Männchen eine zweite "gute" Lernphase zwischen dem 165. und 175. Lebenstag nachzuweisen ist. Aussagen über altersabhängige Schwankungen der Lernkapazität oder der Gedächtnisleistungen sind mit diesen Experimenten nicht möglich.

Diese altersabhängigen Schwankungen lassen sich möglicherweise auf die geschlechtliche Ausreifung und auf die damit verbundenen Umstellungen zurückführen. Gulden et al. (1975) geben die Zuchtreife der Laborratte mit 90-100 Tagen an; geschlechtsreif werden Ratten bereits nach 2-3 Monaten (Garms, 1977). Das bedeutet, daß das Absinken der Lerngeschwindigkeit ab etwa dem 60. Lebenstag möglicherweise mit den hormonellen Umstellungen bei der geschlechtlichen Ausreifung zusammenhängen. Es ist denkbar, daß das männliche Sexualhormon Testosteron das Verhalten der Männchen in der Weise beeinflußt, daß sie Diskriminationsaufgaben nur langsamer erlernen.

Die Versuchsergebnisse der adult kastrierten Männchen zeigen einen Anstieg der Lerngeschwindigkeit im Vergleich zu den nicht operierten Männchen derselben Altersstufe. Dies deutet auf einen "negativen" Einfluß von Testosteron auf die Lerngeschwindigkeit hin. Die nähere Bestimmung dieses Einflußes von Testosteron auf die Lerngeschwindigkeit ist problematisch, denn "bei der Untersuchung des Einflußes von Hormonen auf Verhaltensabläufe muß ein kompliziertes Wechselgefüge sich gegenseitig beeinflußender Faktoren betrachtet werden, da das Auftreten einer Verhaltensweise in den seltensten Fällen nur auf die Wirkung eines bestimmten Hormones (oder einer Gruppe von Hormonen) zurückgeführt werden kann" (Pröve, S. 7, 1983). Außerdem hat die Methode der Kastration nur eine beschränkte Aussagekraft, "... da durch die Operation tiefgreifend - und ohne weiteren experimentellen Eingriff irreversibel - in das endokrine System eingegriffen wird und dadurch nicht nur Veränderungen im Verhaltensbereich, sondern z.B. auch eine Reihe stoffwechselphysiologischer Nebeneffekte hervorgerufen werden" (Pröve, S. 9, 1983).

Wie zahlreiche pharmakologische Untersuchungen und Gehirnläsionen zeigen, steht das dopaminerge System im Zusammenhang mit Lernvorgängen und Gedächtnisleistungen. Nach Ungerstedt (1971 a) und Crow (1972) sind die mit dem Neuro-

transmitter Dopamin arbeitende Nervenzellkörper in den Gebieten ventrale Haube und schwarze Substanz im Mittelhirn lokalisiert. Ausgehend von diesen Gebieten erreichen Nervenfasern den Streifenkörper, der bei der Steuerung von Bewegungen mitwirkt, und das Vorderhirn, das das emotionele Verhalten mitbestimmt. Weitere Fasern mit Dopamin als Transmitter erreichen die entorhinale Rinde, die als Teil der Großhirnrinde für das visuelle Gedächtnis eine wichtige Rolle zu spielen scheint. Dopaminerge Nervenzellen finden sich auch im Hypothalamus, das die Ausschüttung von Hormonen durch die Hypophyse steuert. Während selektive Läsionen durch bilaterale Mikroinjektionen von 6-OHDA (Ungerstedt, 1971 b) in die substantia nigra deutliche Defizite beim Erwerb von konditionierten Vermeidungsreaktionen bewirken (Fibiger et al., 1974; Zis et al., 1974), wirkt sich eine bilaterale Zerstörung im Noradrenalinbündel nicht negativ auf das Vermeidungslernen aus (Fibiger et al., 1974; Fibiger und Mason, 1978).

Diese Untersuchungen, sowie auch zahlreiche pharmakologische Ergebnisse mit Neuroleptika (Chlopromazin, Haloperidol, Spiropheridol u.a.), die selektiv Dopaminrezeptoren blockieren (Janssen, 1967; Anden et al., 1970; Carlson, 1975), zeigen, daß Defizite beim Erlernen konditionierter Vermeidungsreaktionen auftreten (Cook und Kelleher, 1963; Dews und Morse, 1961; Johnson, 1971; Niemegeers et al., 1969; Sansone et al., 1972). Wie Ray und Bivens (1967) zeigen konnten, werden die durch Chlorpromazin hervorgerufenen Lerndefizite durch frühes Training abgeschwächt. So fanden auch Fibiger et al. (1974), daß das Ausbleiben einer Vermeidungsreaktion nicht auftritt, wenn die 6-OHDA Läsionen in der Zona compacta und der Substantia nigra erst nach einem "Übertraining" der überprüften Reaktion gesetzt werden. Ebenso wirkt sich eine Blockade der Dopaminrezeptoren durch Haloperidol nur noch teilweise negativ aus, wenn die Drogengabe erst nach dem zweiten Dressurtag einsetzt. Ratten, die 9 Tage vor der Drogengabe auf eine Vermeidungsreaktion dressiert worden sind, zeigten überhaupt keine Defizite.

Aus diesen und weiteren, hier nicht besprochenen Ergebnissen kann gefolgert werden, daß das dopaminerge System vor allem beim Erlernen von Vermeidungsreaktionen, weniger aber bei der Aufrechterhaltung operanter Reaktionen mitwirkt. Daraus folgert Schmidt (1982), daß "... eine Blockade der dopaminergen Neurotransmission durch 6 -OHDA nicht nur zu Beeinträchtigungen bei konditionierten Vermeidungsreaktionen, sondern zu Lerndefiziten allgemeiner Art führen" (Schmidt, S. 4, 1982). Weiterhin stellte Schmidt in seinen Untersuchungen fest, daß mit Haloperidol behandelte Ratten eine durch Futterbelohnung motivierte Hell-Dunkel-Diskrimination durchweg besser erlernten, als scheinbehandelte Kontrolltiere. Dieses Ergebnis ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Beninger et al. (1980 a und b), die bei mit Pimozide (Neuroleptikum) behandelten Tieren auftretende Lerndefizite bei Vermeidungsaufgaben in der Sprungapparatur untersuchten. Im Gegensatz zu Kontrolltieren lernten die drogenbehandelten Tiere nicht, den Schock auf einen Stimulus (Warnton) hin zu vermeiden. Danach lernten die Tiere in einer drogenfreien Testsituation einen Hebel zu drücken und wurden dafür mit Futter belohnt. Nachdem sich dieses Verhalten stabilisiert hatte, wurde der Warnton für eine Minute dargeboten. Die Autoren stellten dabei fest, daß sowohl die zuvor drogenbehandelten, als auch die Kontrolltiere während des Warntones den Hebel weniger betätigten. Auch die mit Pimozide behandelten Tiere erlernten also die Assoziation zwischen Warnton und Schock, obwohl sie in der Sprungkammer den Schock nicht vermieden. Diese Ergebnisse werden dahingehend interpretiert, daß bei den mit Pimozide behandelten Tieren die Ursachen der Lerndefizite bei Vermeidungsaufgaben in einer Beeinträchtigung der Bewegungsinitiation und nicht in Defiziten im Assoziationslernen zu suchen sind.

Eigene Untersuchungen ergaben, daß Haloperidol-behandelte Ratten ein optisches Zeichen mit einer Futterbelohnung teilweise assoziieren. Der Lernerfolg trat nach Absetzen

der Drogenbehandlung nach durchschnittlich weiteren 60 Läufen ein, während die Kontrolltiere bereits nach 229 Läufen erfolgreich waren. Sicherlich muß berücksichtigt werden, daß nach Absetzen der Droge vom 360. Versuch an die Dressur bereits am nächsten Tag fortgesetzt wurde. Die relativ hohe Dosis von 0,05 mg/kg Körpergewicht könnte folglich an den ersten "drogenfreien" Dressurtagen noch eine Nachwirkung gehabt haben. Diese Ergebnisse stehen mit den Ergebnissen von Beninger et al. (1980 a und b) und Schmidt (1982) in Einklang, wonach assoziatives Lernen auch während einer Haloperidolbehandlung stattfinden kann. Die Feststellung, daß die mit Haloperidol behandelten Tiere, die auf eine optische Unterscheidungsaufgabe dressiert wurden und erst nach Absetzen der Drogenbehandlung ihr Verhalten im Dressursinne änderten, dann aber das Lernkriterium schneller erreichten als die Kontrolltiere, kann wie folgt gedeutet werden: Wie aus der Psychiatrie bekannt ist, führt Haloperidol zu einer allgemeinen Beruhigung schizophrener Patienten. Aufgrund der dargestellten Ergebnisse erscheint es möglich, daß diese Beruhigung mit einer Art "Gleichgültigkeit" einhergeht; das zufällige Wählen des belohnten Positiv- bzw. nicht belohnten Negativzeichens bewegt das Versuchstier offensichtlich nicht dazu, das Positivzeichen bevorzugt anzulaufen, oder das Negativzeichen zu meiden. Eine Wertung der Versuchssituation ist erst ohne Haloperidol möglich. Die Tiere lernen im drogenfreien Zustand schneller als die Kontrolltiere. Dies deutet darauf hin, daß die Versuchssituation in irgend einer Form auch unter Drogeneinfluß erfaßt wird.

Rahmann et al. (1976) gehen bei ihrem Ansatz, Lernvorgänge physiologisch zu deuten, von der calciumabhängigen Transmitterausschüttung (Katz und Miledi, 1964 und 1965) aus. Calciumionen kontrollieren nach dieser Vorstellung die präsynaptische Transmitterausschüttung, indem sie mit Membranbestandteilen (z.B. Gangliosiden) Komplexe bilden, die beim Eintreffen des Aktionspotentials (Depolarisation)

wieder gelöst werden. Damit ist eine Verschiebung des hydrophilen Löslichkeitscharakters der Membran zur Lipophylie verbunden. Für diese Calciumaffinität der Ganglioside macht Rahmann deren Sialinsäureanteile, die wie "Bäumchen" in den synaptischen Spalt hineinragen, verantwortlich. Diese Anteile sind negativ geladen und sollen mit positiven Calciumionen in Wechselwirkung treten. Kommt eine Erregung bis an die präsynaptische Membran, so werden die Calciumionen, die in die Zelle strömen, durch die aus der Zelle tretenden Kaliumionen ersetzt. Diese "Neubesetzung" könnte für die Transmitterfreisetzung von Bedeutung sein.

Wie Arbeiten von Rahmann (1968), Rahmann und Breer (1975) und Rahmann und Rössner (1973) zeigen, findet in den Nervenzellen ein neuronaler Transport vom Perikaryon in Richtung zur Synapse statt. Hierbei wird zwischen einem langsameren Transport (1-3 mm/d), d.h. eine Translokation der gesamten Neuroplasmamasse mit all ihren Bestandteilen, und einem zusätzlichen, schnelleren Transport (100 mm/d) unterschieden. Von diesen schnelleren Unterströmungen werden Proteine, Glykoproteine, Mucopolysaccharide, Phospholipide, Glycolipide (Ganglioside) und eine Vielzahl neuromolekularer Metabolite wie Glucose, N-Acetyl-Mannosamin, N-Acetyl-Glucosamin, N-Acetyl-Neuraminsäure etc. erfaßt. Während die niedermolekularen Vorstufen zum Zwecke einer Endsynthese der Polysialo-Ganglioside in die Nervenfaserendformationen transportiert werden, bleiben Polysialoganglioside an ihrem Syntheseort stationär und nehmen an Transportvorgängen nicht mehr teil (Rahmann, 1976). Durch eine Verminderung bzw. Vermehrung der in die präsynaptische Membran eingebauten Polysialo-Ganglioside wird möglicherweise die Transmitterausschüttung moduliert. In diesem Sinne vermuten diese Autoren, "daß funktionsbedingte Änderungen der Synapsen entweder durch die Erhöhung des Gehaltes oder durch eine Änderung der Konfigurationen der Sialomakromoleküle, speziell der Ganglioside, hervorgerufen werden könnten" (in: Rahmann, S. 253, 1976).

Auf diese Hypothese aufbauend wurde untersucht, ob ein Eingriff in die Synthese der Ganglioside einen Einfluß auf die Lerngeschwindigkeit hat. Die mit N-Acetyl-Glucosamin (Vorstufe der Ganglioside) behandelten Tiere zeigten zum Teil eine deutliche Tendenz zu einer Erhöhung der Lerngeschwindigkeit. Die Bewertung dieses Ergebnisses ist jedoch problematisch, denn die Hypothese von Rahmann ist noch weit davon erntfernt, bewiesen zu sein. Dieser Versuch, die Synthese der Ganglioside im Bereich der Synapsen durch die orale Verabreichung von N-Acetyl-Glucosamin zu beeinflußen, ist lediglich als ein erster Schritt zur näheren Aufklärung möglicher Zusammenhänge bei der Bildung von Gedächtnisspuren im Sinne von Rahmanns Hypothese anzusehen. So sind zum Beispiel noch folgende Punkte ungeklärt:

- Der Syntheseweg der Sialinsäuren beginnt bei Glucose und führt über zahlreiche Zwischenstufen und enzymatischen Reaktionen zur Sialinsäure und nach weiteren Aktivierungsreaktionen zu den Glycoproteinen, z.B. zu den Gangliosiden (Warren, 1966). N-Acetyl-Glucosamin ist also lediglich eine von vielen möglichen Zwischenstufen. So wird z.B. unter ATP-Verbrauch aus N-Acetyl-Glucosamin N-Acetyl-Glucosamin-6P hergestellt. N-Acetyl-Glucosamin-6P steht in einer Gleichgewichtsreaktion mit N-Acetyl-Mannosamin-6P, das mit PEP über eine enzymatische Reaktion zu Sialinsäure 9P umgewandelt wird usw. (Warren, 1966). Daraus ist ersichtlich, daß die biochemischen Zusammenhänge der Synthese von Gangliosiden mehrere Eingriffsmöglichkeiten bietet. Es müßten also die verschiedenen Zwischenstufen und deren enzymatische Reaktionen näher untersucht und auf ihre Wirkung bei Lernvorgängen ausgetestet werden.

- Es herrscht noch Unklarheit über die günstigste Art der Verabreichung der verschiedenen Zwischenstufen bzw. Enzyme. In diesem Zusammenhang müßte durch ra-

dioaktive Markierungen der verschiedenen Substanzen klargestellt werden, wo die verabreichten Substanzen im Tierkörper angereichert werden, und ob sie das Gehirn überhaupt erreichen.

- Sicherlich spielt auch die verabreichte Dosis, sowie der Zeitpunkt der Verabreichung in Bezug auf die Dressur eine wichtige Rolle, was noch ausgetestet werden müßte.

5.2. Rangbeziehungen bei Ratten in Wahlsituationen und deren experimentelle Beeinflußung

Ratten leben in ausgesprochen komplexen Gemeinschaften, den sog. "Großfamilien". Betrachtet man eine solche "Großfamilie", so fällt der "liebliche" und "geduldige" Umgang der Tiere untereinander auf. Jungtiere haben sozusagen "Narrenfreiheit" - sie nehmen adulten Familienmitgliedern Futterstücke aus der Vorderpfote, was in der Regel geduldet wird.

Wie die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, lassen sich in beiden Geschlechtern Rangbeziehungen feststellen. Die Konkurrenzläufe zwischen den Geschlechtern ergaben, daß in 73% der Versuche die Futterbelohnung von Weibchen genommen wurde. Die Rangbeziehungen korrelieren dabei offensichtlich weder mit dem Körpergewicht, noch mit der Lerngeschwindigkeit. Dieser Vergleich (Rangbeziehungen-Lerngeschwindigkeit) ist methodisch gerechtfertigt, da die Versuchstiere in der vorangegangenen Untersuchung zur Bestimmung der Lerngeschwindigkeit, die Grundlagen für die Konkurrenzläufe in derselben Versuchsapparatur gelernt hatten (Bedeutung eines optischen Zeichens für Futterbelohnung).

Die vorherrschende Stellung in einer futterbelohnten Konkurrenzsituation korreliert bei Ratten auch nicht mit einer "aggressiven Dominanz" (bezogen auf das Gewinnen von Kämpfen), vielmehr scheint in Rattengesellschaften bei Futterknappheit ein Mechanismus zu bestehen, der das Überleben von einigen männlichen und weiblichen Ratten, die jedoch nicht die kräftigsten und größten Tiere sein müssen, garantiert (Lore und Flanelly, 1977). Die ermittelten Ergebnisse entsprechen den Beobachtungen von Lore und Flanelly (1977), wonach eine begehrte Futterbelohnung in der Regel nicht von einem großen und kräftigen Männchen, sondern eher von einem mittelwüchsigen Weibchen der Gruppe genommen wird. Wenn auch kein Geschlecht über das andere zu "dominieren" scheint, so spielt das Geschlecht dennoch eine Rolle, wenn es um eine von beiden Partnern begehrte Futterbelohnung geht.

Bei den kastrierten Männchen sind keine eindeutigen Rangbeziehungen nachweisbar. Die Gegenüberstellung mit normalen Männchen ergab, daß sich kastrierte Männchen in der futterbelohnten Konkurrenzsituation durchaus "behaupten" konnten (VT A´und VT B´). Für VT C´, VT D´ und VT E´traf dies jedoch nicht zu. Demzufolge kann vermutet werden, daß die kastrierten Versuchstiere VT A´und VT B´aufgrund individueller Eigenschaften sich in der Konkurrenzsituation mit normalen Männchen "behaupten" konnten. Körpergewicht, sowie auch die Lerngeschwindigkeit aus den vorangegangenen Versuchen schienen für die Rangstellung der Tiere wiederum keine Rolle zu spielen. Der Vergleich der kastrierten Männchen mit Weibchen ergab, daß VT A´, das allen normalen Männchen gegenüber die Futterbelohnung in den meisten Versuchen selbst nahm, im Vergleich mit den Weibchen überhaupt keine einzige Belohnung erhielt; ähnlich war das Ergebnis von VT B´. Die normalen Männchen A und B hingegen nahmen von den insgesamt 60 Konkurrenzläufen mit Weibchen 37 mal, bzw. 16 mal die Futterbelohnung.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muß das Gesamtverhalten der Versuchstiere in der vorgegebenen Versuchssituation betrachtet werden: Die deutlich kleineren Weibchen gehen in der Konkurrenzsituation mit Männchen bzw. kastrierten Männchen auffällig "flinker" und "zielstrebiger" auf die bereitgestellte Futterbelohnung zu. Auch "piepsen" sie sehr häufig und treten nach dem jeweiligen Konkurrenten, während dieser relativ passiv alles "über sich ergehen läßt". Möglicherweise reagierten die kastrierten Männchen auf dieses Verhalten der Weibchen stärker als die normalen Männchen und blieben in der Konkurrenzsituation mit den Weibchen häufiger zurück.

Durch die pharmakologische Beeinflußung der Rangbeziehungen zeigte sich, daß ein Haloperidol-behandeltes Tier in der Konkurrenzsituation mit anderen Tieren nur selten eine Futterbelohnung erhält, während es unbehandelt in den meisten Konkurrenzläufen die Belohnung nimmt. Das veränderte Verhalten in der Konkurrenzsituation bleibt also auf den Behandlungszeitraum mit Haloperidol beschränkt; bleibende Verhaltensänderungen scheinen demnach nach einer Haloperidolbehandlung nicht aufzutreten. In der Psychiatrie hat die Haloperidoltherapie den Zweck, die Symptome der Schizophrenie zu mildern. Die Droge führt zu einer Beruhigung und zur Unterdrückung von Wahnvorstellungen. Auf eine beruhigende Wirkung von Haloperidol deutet auch das vorliegende Versuchsergebnis hin. Die Feststellung, daß in der Konkurrenzsituation unter Haloperidoleinwirkung keine Futterbelohnung genommen wird, beruht möglicherweise auf einer Erhöhung der Motivationsschwelle, sich in der Konkurrenzsituation gegenüber anderen Tieren durchzusetzen.

6. Zusammenfassung

An insgesamt 58 weiblichen und 33 männlichen Laborratten wurden Lern-Untersuchungen (Zweifachmusterwahlanlage) zur Feststellung von Abhängigkeiten zwischen Lerngeschwindigkeit, Alter und Geschlecht durchgeführt. Durch die experimentelle Beeinflußung der Lerngeschwindigkeit wurde nach möglichen Mechanismen zwischen diesen Parametern, sowie von Lernvorgängen allgemein, gesucht.

Speziell wurde untersucht, ob die Lerngeschwindigkeit mit den Rangbeziehungen der Tiere untereinander korreliert. Nach Feststellung der Rangbeziehungen wurden diese experimentell beeinflußt, um nach deren zugrundeliegenden Mechanismen zu suchen.

Hinsichtlich der Abhängigkeit der Lerngeschwindigkeit vom Alter konnte festgestellt werden, daß die Lerngeschwindigkeit altersabhängigen Schwankungen unterliegt. In beiden Geschlechtern befindet sich um den 50. Lebenstag eine "gute" Lernphase, ab dem 60. Lebenstag sinkt die Lerngeschwindigkeit ab. Eine zweite "gute" Lernphase befindet sich bei den Weibchen zwischen dem 70.-170., bei den Männchen zwischen dem 165.-175. Lebenstag. Die absolut besten Ergebnisse erzielten Männchen der Altersstufe 165-175 Tage. Der Gesamtvergleich der Ergebnisse der Weibchen mit denen der Männchen erlaubt keine statistisch abgesicherte Unterscheidung.

Eine Kastration adulter, männlicher Tiere führte zu einer deutlichen Verbesserung der Lerngeschwindigkeit.

Während einer Haloperidol-Behandlung (Blockade der Dopaminrezeptoren) zeigten die behandelten Tiere bei der Dressur keine Lernleistung. Nach Absetzen der Drogenbehand-

lung lernten sie jedoch schneller als die Kontrolltiere. Dieses Ergebnis wird im Zusammenhang mit der Bedeutung des dopaminergen Systems für Lernvorgänge diskutiert.

Eine N-Acetyl-Glucosamin-Behandlung (Eingriff in den Gangliosidenstoffwechsel) erhöhte die Lerngeschwindigkeit der Weibchen der Altersstufe 65 Tage. Dieser Eingriff zielte auf die synaptische Plastizität als Grundlage von Lernvorgängen und wurde aus der Hypothese von Rahmann abgeleitet.

Nach Feststellung einer Rangbeziehung in Rattengruppen konnte gezeigt werden, daß diese Rangbeziehung nicht mit der Lerngeschwindigkeit oder mit dem Körpergewicht der Tiere korreliert.

Eine Kastration im männlichen Geschlecht wirkte sich auf das soziale Zusammenleben mit Artgenossen aus. Kastrierte Männchen verhielten sich in der Konkurrenzsituation Weibchen gegenüber anders als es normale Männchen tun.

Durch die Untersuchung der Auswirkungen einer Haloperidol-Behandlung auf das soziale Zusammenleben mit Artgenossen konnte die Stabilität bestehender Rangbeziehungen näher analysiert werden. Die Ergebnisse zeigen, daß ein in der Konkurrenzsituation "hervorragendes" Tier während einer Haloperidol-Behandlung seine Rangposition vorübergehend verliert. Nach Absetzen der Drogenbehandlung erlangt es seine ursprüngliche Stellung innerhalb der Gruppe wieder.

7. Literatur

Agranoff, B.W.:

Memory and protein synthesis.
Scientific American, 216: 115-122, 1967

Anden, N.E., Butcher, S.G., Corrodi, H., Fuxe, K. & Ungerstedt, U.:

Receptor activity and turnover of dopamine and noradrenalin after neuroleptics.
European J. Pharmacol., 11: 303-305, 1970

Apfelbach, R.:

Lernen (Fernstudium Ethologie, Studienbrief 6).
Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen (in Druck)

Bättig, K. & Grandjean, E.:

Beziehung zwischen Alter und erlernen einer bedingten Fluchtreaktion bei der weißen Ratte.
Gerontologia, 3: 266-276, 1959

Beninger, R.J., Mason, S.T., Phillips, A.G. & Fibiger, H.C.:

The use of conditioned suppression to evaluate the nature of neuroleptic-induced avoidance deficits.
J. Pharmacol. Exp. Ther., 213: 623-627, 1980 a

Beninger, R.J., Mason, S.T., Phillips, A.G. & Fibiger, H.C.:

The use of extinction to investigate the nature of neuroleptic-induced avoidance deficits.
Psychopharmacology, 69: 11-18, 1980 b

Buchholtz, C.:

Grundlagen der Verhaltensphysiologie.
Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, 1982

Carlsson, A.:

The effect of neuroleptic drugs on brain catecholamine metabolism.
In: Antipsychotic drugs pharmacodynamics and pharmacokinetics, G. Sedvall (Hrsg.), Oxford, New York: Pergamon Press, 99-104, 1975

Conel, J.L.:

Life as revealed by the mikroskope.
New York, 1970

Cook, L. & Kelleher, R.T.:

Effects of drugs on behavior.
Ann. Rev. Pharmacol., 3: 205-222, 1963

Crow, T.J.:

Catecholamine-containing neurons and electrical self-stimulation.
1. Areview of some data.
Psychological Medizine, 2: 414-421, 1972

Dews, P.B. & Morse, W.H.:

Behavioral pharmacology.
Ann. Rev. Pharmacol., 1: 145-174, 1961

Domagk, G.F. & Zippel, H.P.:

Biochemie der Gedächtnisspeicherung.
Naturwissenschaften, 57. Jg. 4: 152-162, 1970

Eccles, J.C.:

Concious memory.
In: The self and its brain, K.R. Popper & J.C. Eccles (Hrsg.),
Springer International, 1977

Engels, W.:

Das visuelle Lernvermögen von Karpfen (Cyprinus carpio L.)
verschiedener Altersstadien.
Diss. Math. Nat. Fak. Münster (Westf.), 1963

Feigley, D.A. & Spear, N.E.:

Effect of age and punishment condition on long term retention by
the rat of aktive- and passive-avoidance learning.
J. Com. Phys. Psychol., 73: 515-526, 1970

Fibiger, H.C., Phillips, A.G. & Zis, A.P.:

Deficits in instrumental responding after 6-hydroxydopamine
lesions of the nigro-neostriatal dopaminergic projections.
Pharmacol. Biochem. Beh., 2: 87-96, 1974

Fibiger, H.C. & Mason, S.T.:

The effect of dorsal bundle injections of 6 -hydroxydopamine on
avoidance responding in rats.
Br. J. Pharmacol., 64: 601-605, 1978

Freeman, R.D., Mitchell, D.E. & Millodot, M.:

A neural effect of partial visual deprivation in humans.
Science, 175: 1384-1386, 1972

Garms, H.:

Fauna Europas.
Georg Westermann, Braunschweig, 1977

Grave, G.D.:

Excessive oxygen makes small brains.
New Scientist, 53: 193, 1972

Harder,W., Schäfer, D. & Schmidt, U.:

Auswertung von Dressurversuchen (Zweifachwahlen) mit der Sequenzanalyse.
Zool. Jb. Physiol., 76: 585-592, 1972

Harlow, H.F.:

The development of learning in rhesus monkey.
Scientist, 47: 459-479, 1959

Hilgard, E.R. & Bower, G.H.:

Theorien des Lernens I.
4. Auflage, Klett-Verlag, Stuttgart, 1975

Hubbert, H.B.:

The effect of age on habit formation in the albono rat.
Behaviour Monogr. 2, 1915

Jankov, P. & Apfelbach, R.:

Zur altersabhängigen Lerngeschwindigkeit weiblicher Laborratten.
Z. f. Säugetierkunde, 46: 284-288, 1981

Janssen, P.A.J.:

The pharmacology of haloperidol.
Int. J. Neuropsychiat., (Suppl. 1), 10-18, 1967

Johnson, F.N.:

Stimulus significance and chlorpromazine-induced impairment of avoidance learning in mice.
Neuropharmacology, 10: 9-14, 1971

Katz, B. & Miledi, R.:

Localization of calcium action at the nerve muscle junction.
J. Physiol. (Lond.), 171: 10-12, 1964

Katz, B. & Miledi, R.:

The effect of calcium on acetylcholine release from motor nerve terminals.
Proc. Roy. Soc. Ser. B., 161: 496-503, 1965

Kerth, K.:

Untersuchungen über die altersabhängige Lerngeschwindigkeit junger Erlitzen (Phoxinus laevis Ag.) bei Wahlversuchen mit zwei optischen Merkmalspaaren unter Berücksichtigung der spontanen Farbtendenz.
Z. Tierpsychol., 24: 651-683, 1967

Laudien, H.:

Physiologie des Gedächtnisses.
1. Aufl. Heidelberg, Quelle und Meyer, 1977

Leon, M. & Moltz, H.:

The development of pheromonal bond in the albino rat.
Physiol. Behav., 8: 683-686, 1972

Liu, S.Y.:

The relation of age to the learning ability of the white rat.
J. Comp. Physiol. Psychol., 8: 75-85, 1928

Lore, R. & Flannelly, K.:

Rat societies.
Scientific American, 106-116, Mai, 1977

Lorenz, K.:

Vergleichende Verhaltensforschung.
Springer Verlag, Wien, New York, 1978

Maier, N.R.F.:

Age and intelligence in rats.
J. Comp. Psychol., 13: 1-6, 1932

Munn, N.L.:

Handbook of psychological research on the rat.
Boston, New York, Chicago, Houghton Mifflin Co., 1950

Niemegeers, G.J.E., Verbruggen, F.J. & Janssen, P.A.J.:

The influence of various neuroleptic drugs on shock avoidance responding in rats.
Psychopharmacologia, 16: 161-174, 1969

Pröve, E.:

Hormonelle Beeinflußung männlicher Verhaltensweisen bei Vögeln.
Habilitationsschrift, Universität Bielefeld, 1983

Rahmann, H.:

Neurobiologie.
Stuttgart, Ulmer, 1976

Rahmann, H. & Rösner, H.:

Axonaler Transport von nieder- und hochmolekularen Verbindungen im Tractus opticus von Teleosteern.
Verh. Dt. Zool. Ges. Mainz, 244-249, 1973

Rahmann, H. & Breer, H.:

Possible role of neuronal transport of low molecular compounds in the CNS of teleosts.
Brain res., 85: 301-305, 1975

Rahmann, H., Rösner, H. & Breer, H.:

A functional model of sialogluco-macromolecules in synaptic transmission and memory formation.
J. theor. Biol., 56: 231-237, 1976

Ray, O.S. & Bivens, L.W.:

Performance as a funktion of drug, dose, and level of training.
Psychopharmacologia, 10: 103-109, 1967

Reetz, W.:

Unterschiedliches visuelles Lernvermögen von Ratten und Mäusen.
Z. Tierpsychol., 14: 347-361, 1958

Rensch, B.:

Gedächtnis, Begriffsbildung und Planhandlungen bei Tieren.
Berlin, Hamburg, Paul Parey, 1973

Rettler, M.:

Untersuchungen zur Ontogenese des Lernvermögens beim Haushuhn.
Zool. Abt. Allg. Zool., 69: 193-222, 1960

Sansone, M., Renzi, P. & Amposta, B.:

Effects of chlorpromazine and chlordiazepoxide on diskriminated lever-press avoidance behavior and intertrial responding in mice.
Psychopharmacologia, 27: 313-318, 1972

Schmidt, O.:

Erlernen einer Hell-Dunkel-Diskrimination unter dem Einfluß des Neuroleptikums Haloperidol.
Staatsexamensarbeit, Universität Tübingen, 1982

Schmidt, U.:

Untersuchungen zur visuellen Musterunterscheidung bei Laborratten.
Z. Säugetierkunde, 44: 201-207, 1979

Shapiro, S. & Kukovich, K.:

Experience effects upon cortical dendrites: A proposed model for development.
Science, 167: 292, 1969

Ungerstedt, U.:

Stereotaxic mapping in the rat brain.
Acta Physiol. Scand., (Suppl. 367), 1-48, 1971 a

Ungerstedt, U.:

Postsynaptic supersensitivity after 6-hydroxydopamine induced degeneration of the nigro-striatal dopaminergic system.
Acta Physiol. Scand. (Suppl. 367), 69-93, 1971 b

van der Gulden, W.J.I., van Hooijdonk, C.L., de Jong, P. & Kremer, A.K.:

Versuchstiere und Versuchstiertechnik.
Ges. f. Versuchstierkunde, Basel, 1975

Warren, L.:

The biosynthesis and metabolism of amino sugars and amino sugar containing compounds.
In: A. Gottschalk (Hrsg.), Glykoprotein, B.B. Library, Amsterdam, London, New York, Elsevier, Vol 5: 570-593, 1966

Wiesel, T.N. & Hubel, D.H.:

Longterm changes in the cortex after visual deprivation.
Proceedings of the 25 th. international congress of psychological Science, München, 1971

Zimmermann, R.R. & Torrey, Ch.C.:

In: A.M. Schrier, H.F. Harlow & F. Stollnitz (Hrsg.), Behavior of nonhuman primates. New York, London, Academic Press, Vol. II, 405-447, 1965

Zis, A.D., Fibiger, H.C. & Phillips, A.G.:

Reserval by L-dopa of impaired learning due to destruction of the dopaminergic nigro-neostriatal projection.
Science, 185: 960-962, 1974

8. Anhang

8.1. Versuchsdaten zur ersten Problemstellung

Jeder Versuch wird durch ein Kästchen angezeigt. Bei dieser Form der Darstellung (Vergl. Lernkurven) wird bei Richtigwahl ein diagonal benachbartes Kästchen, bei Falschwahl ein waagrecht benachbartes Kästchen eingetragen. Für alle Versuchstiere ist die Anzahl der benötigten Läufe bis zum definierten Lernerfolg (95%-ige Wahrscheinlichkeit für eine richtige Wahl bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit) angegeben.

Anlage 1 : Versuchsergebnisse der Weibchen (Überblick)
Anlagen 2-12: Lernkurven der Weibchen

Anlage 13 : Versuchsergebnisse der Männchen (Überblick)
Anlagen 14-22: Lernkurven der Männchen

Anlage 23 : Versuchsergebnisse kastrierter und drogenbehandelter Tiere (Überblick)
Anlage 24 : Lernkurven kastrierter Männchen
Anlage 25 : Lernkurven Haloperidol-behandelter Weibchen
Anlagen 26-28: Lernkurven N-Acetyl-Glucosamin-behandelter Weibchen

8.2. Versuchsdaten zur zweiten Problemstellung

Anlage 29 : Ergebnisse der Versuchsserien der Männchen und Weibchen

Anlage 30 : Ergebnisse der Versuchsserien bei Haloperidol-Behandlung und bei kastrierten Männchen

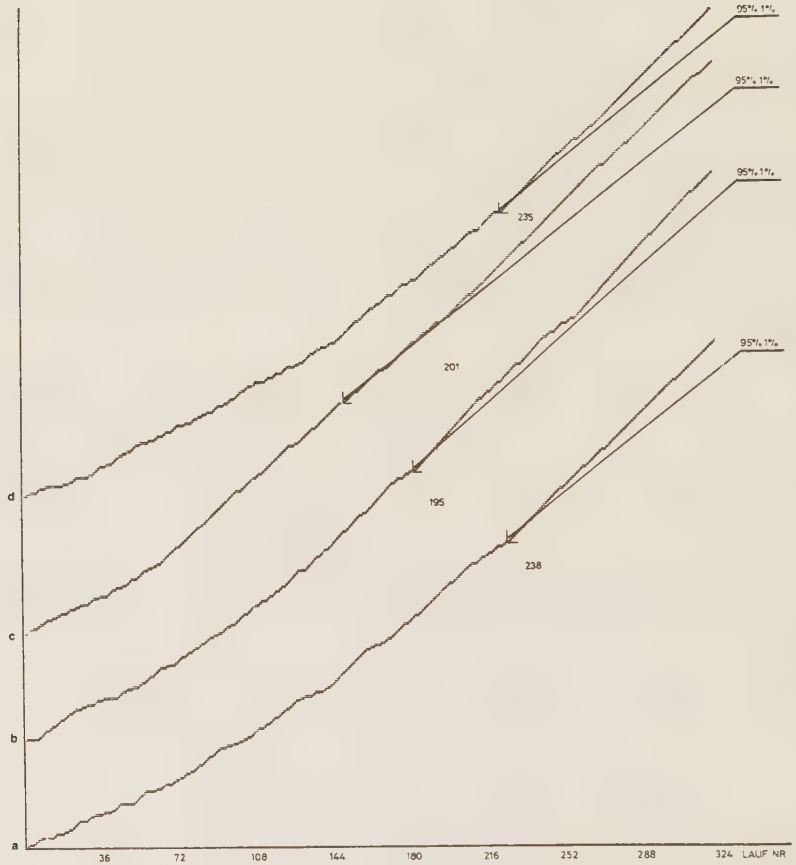
Anlage 31 : Ergebnisse der Versuchsserien kastrierter Männchen in Konkurrenz mit normalen Männchen und Weibchen

Versuchsergebnisse der Weibchen (Überblick)

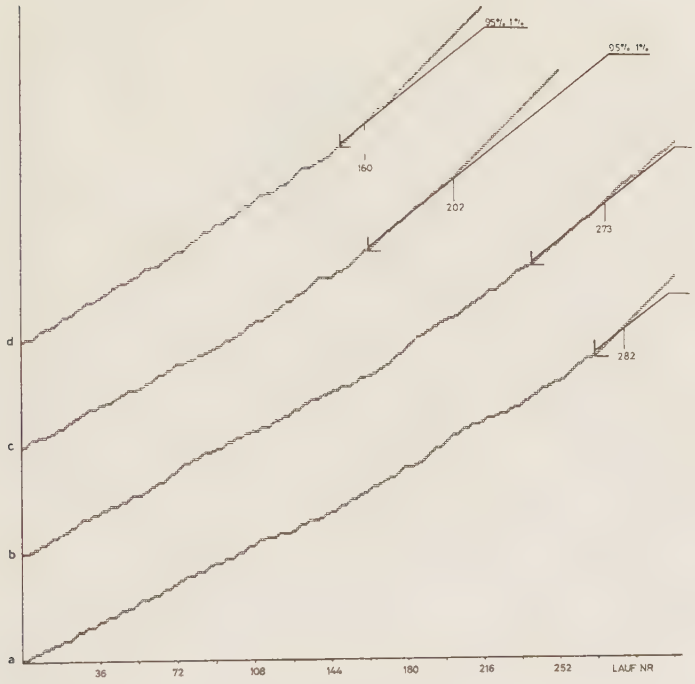
Gruppe	Alter (Tage)	Tier	Anzahl d.Läufe	Mittelw./ Standard.	Sign. d.Diff. (p<0,05)	Mittelw./ Standard.	Sign. d.Diff. (p<0,05)
I	32	a	238				
		b	195	217,3			
		c	201	±22,4			
		d	235				
					n.s.	223,3	
	40	a	282			±41,5	
		b	273	229,3			
		c	202	±58,4			
		d	160				
							0,02
II	52	a	123				
		b	128	105,5		105,5	
		c	90	±23,5		±23,5	
		d	81				
							0,012
III	65	a	236				
		b	220				
		c	300				
		d	251	222,7		222,7	
		e	246	±57,3		±57,3	
		f	188				
		g	118				
							0,01
IV	70	a	140				
		b	108	105,0			
		c	67	±36,6			
					n.s.		
	110	a	148				
		b	134	129,8			
		c	120	±14,2			
		d	117				
					n.s.		
	150	a	138			126,8	
		b	135	101,0		±41,2	
		c	70	±41,2			
		d	61				
					n.s.		
	165	a	152	137,0			
		b	122	±21,2			
					n.s.		
	220	a	229	172,0			
		b	169	±55,6			
		c	118				
							0.001
V	360	a	278				
		b	289				
		c	247	245,3			
		d	264	±56,0			
		e	259				
		f	135			239,0	
					n.s.	±53,8	
	500	a	201	201			

Anlage 2

Lernkurven: Weibchen / 32 Tage

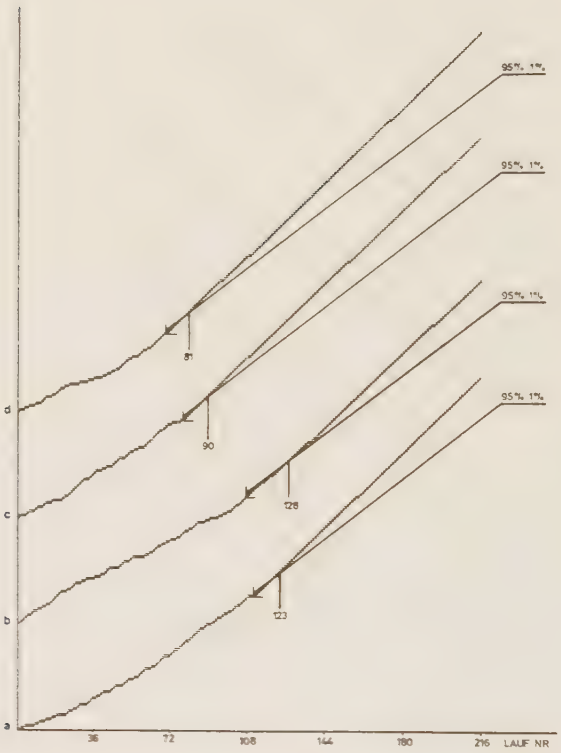


Lernkurven: Weibchen / 40 Tage



Anlage 4

Lernkurven: Weibchen / 52 Tage

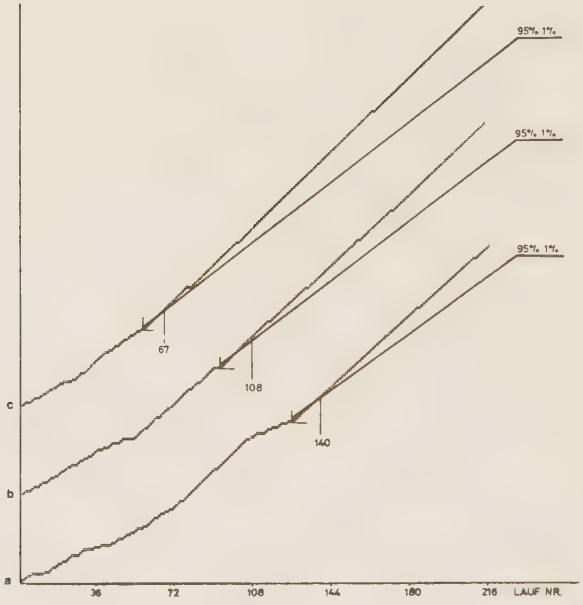


Anlage 5

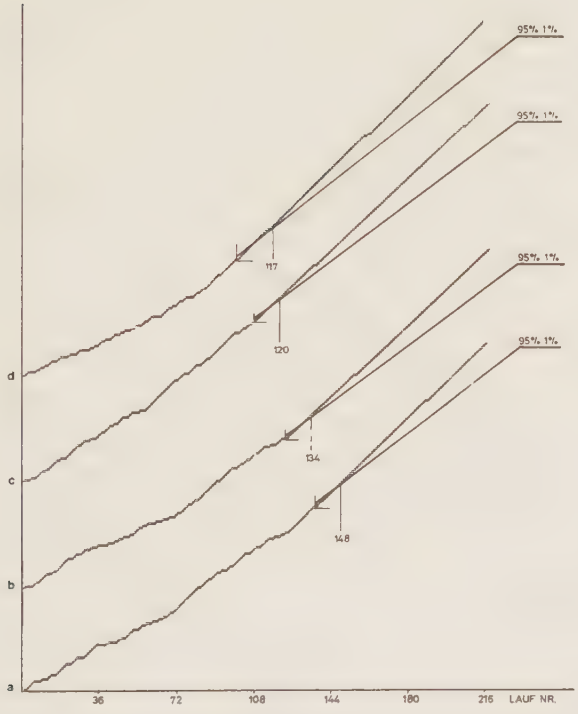
Lernkurven: Weibchen / 65 Tage

Anlage 6

Lernkurven: Weibchen / 70 Tage



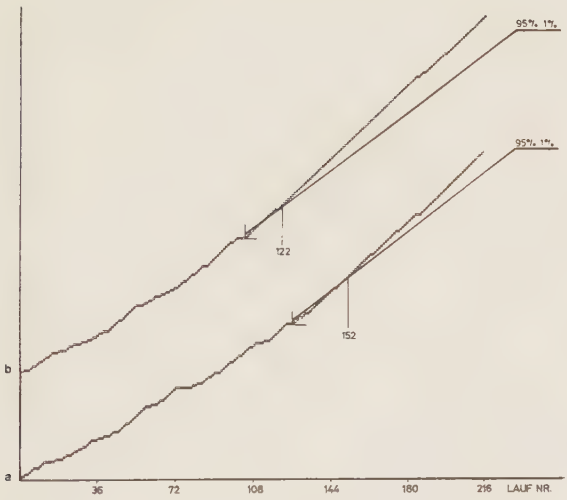
Lernkurven: Weibchen / 110 Tage



Anlage 8

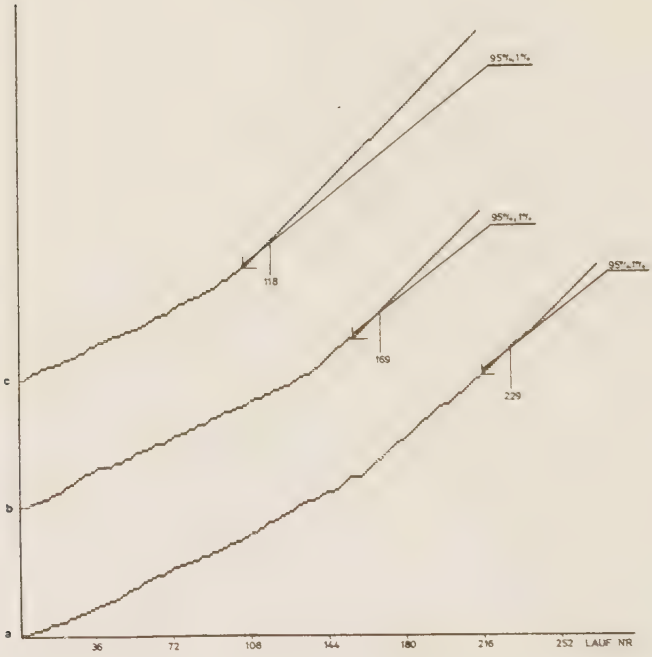
Lernkurven: Weibchen / 150 Tage

Lernkurven: Weibchen / 165 Tage



Anlage 10

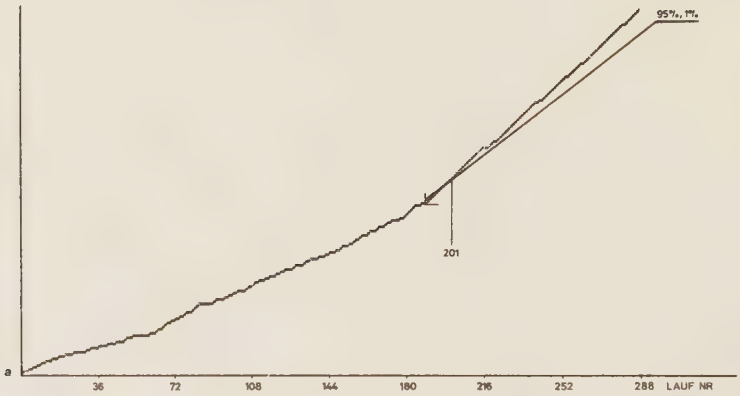
Lernkurven: Weibchen / 220 Tage



Lernkurven: Weibchen / 360 Tage

Anlage 12

Lernkurve: Weibchen / 500 Tage

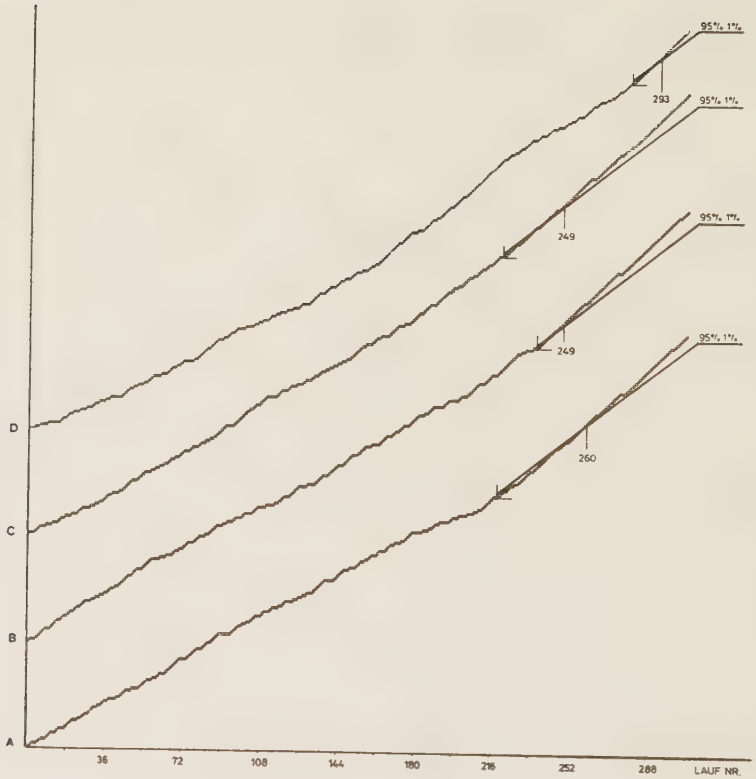


Versuchsergebnisse der Männchen (Überblick)

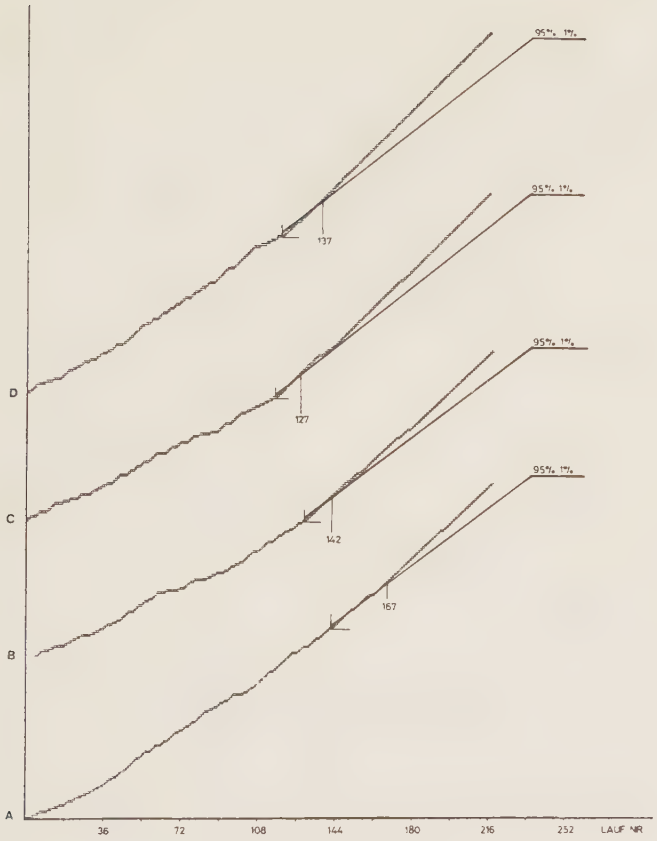
Gruppe	Alter (Tage)	Tier	Anzahl d.Läufe	Mittelw./ Standard.	Sign. d.Diff. (p<0,05)	Mittelw./ Standard.	Sign. d.Diff. (p<0,05)
I	32	A	260				
		B	249	262,8		262,8	
		C	249	±20,8		±20,8	
		D	293				0,01
II	52	A	167				
		B	142	143,3			
		C	127	±17,0			
		D	137		n.s.		
	65	A	252				
		B	231	199,0		177,0	
		C	157	±49,8		±46,2	
		D	156				
					n.s.		
	70	A	241	200,5			
		B	160	±57,3			0,025
III	110	A	278	259,0			
		B	240	±26,9			
					n.s.	265,0	
	150	A	279	279		±22,2	0,028
IV	165	A	126				
		B	75	88,7			
		C	65	±32,7		89,5	
					n.s.	±26,8	
	175	A	92				0,003
V	220	A	216	216			
					n.s.		
	360	A	180				
		B	227			205,9	
		C	223	207,4		±18,5	
		D	193	±20,2			
		E	214				
					n.s.		
	500	A	188	188			

Anlage 14

Lernkurven: Männchen / 32 Tage

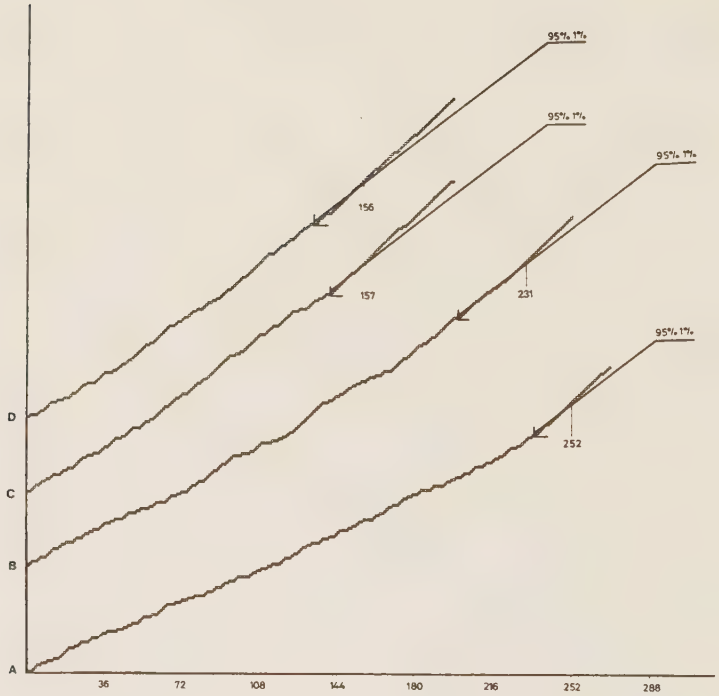


Lernkurven: Männchen / 52 Tage



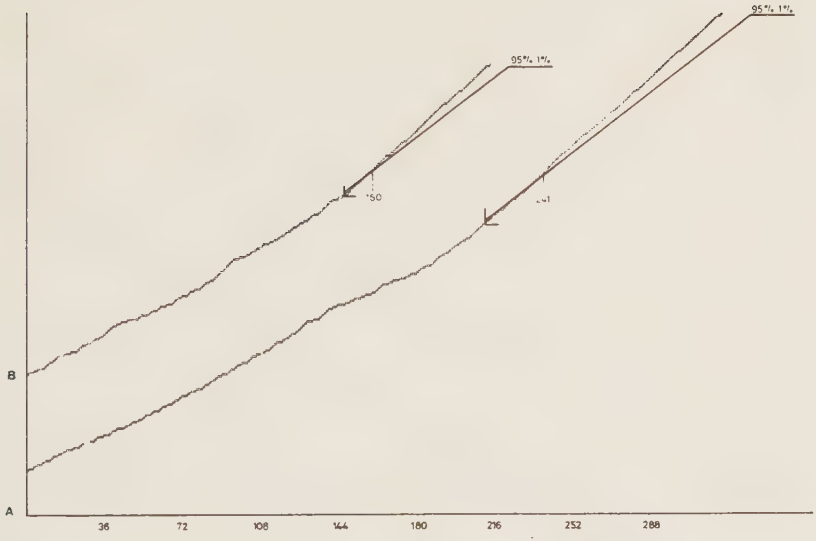
Anlage 16

Lernkurven: Männchen / 65 Tage

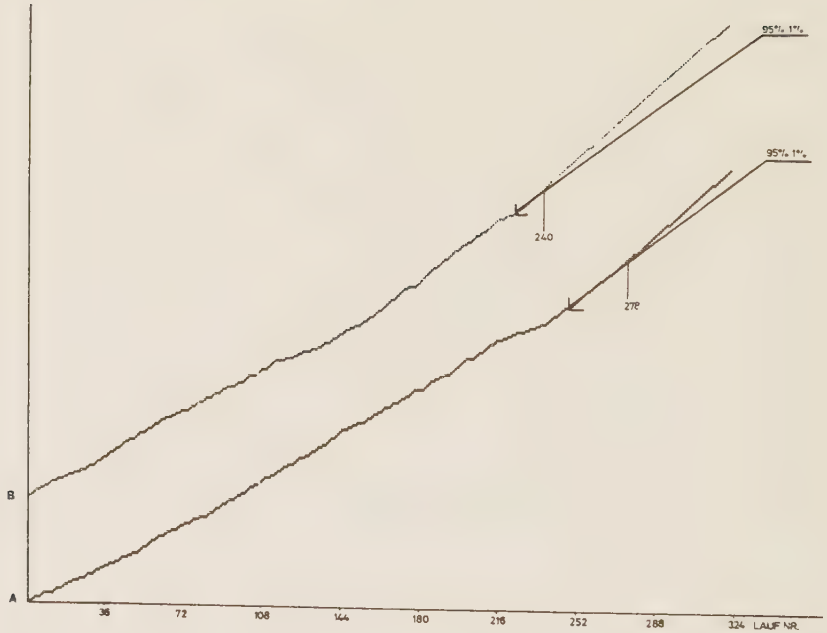


Anlage 17

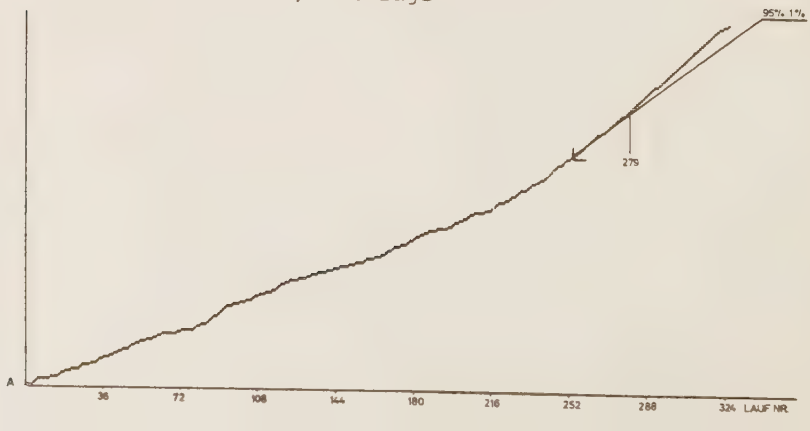
Lernkurven: Männchen / 70 Tage



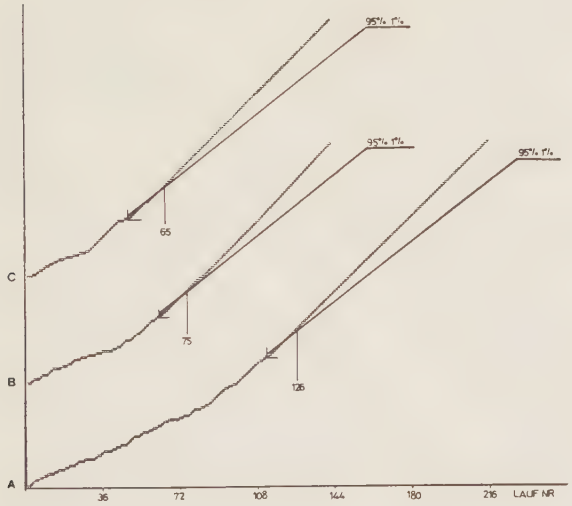
Lernkurven: Männchen / 110 Tage



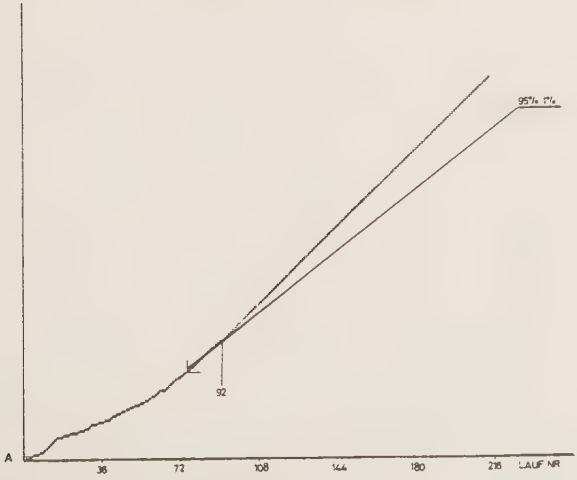
Männchen / 150 Tage



Lernkurven: Männchen / 165 Tage

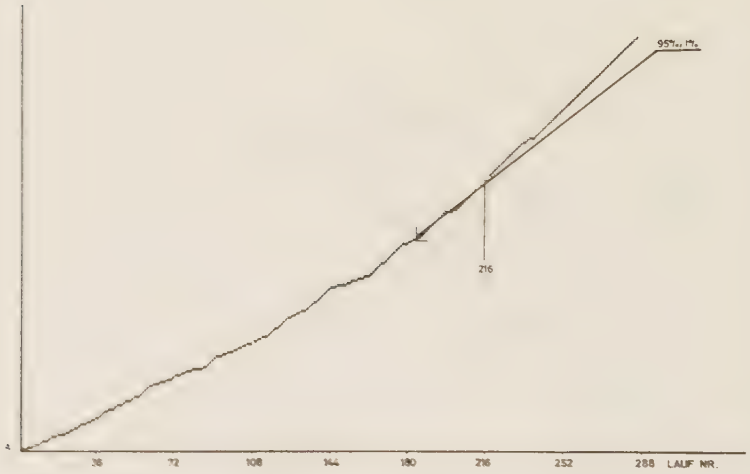


Männchen / 175 Tage

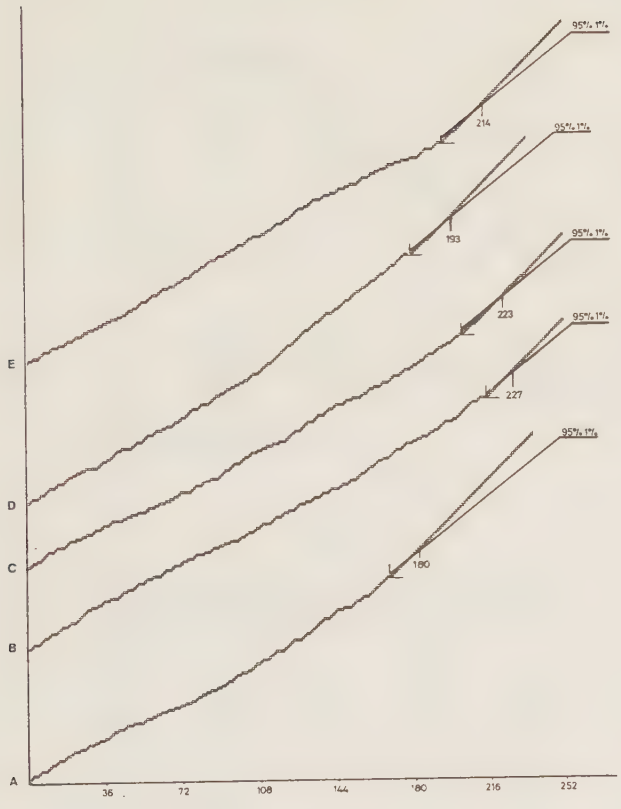


Anlage 20

Lernkurve: Männchen / 220 Tage

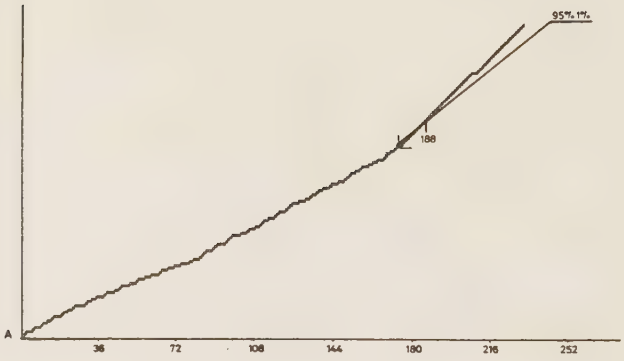


Lernkurven: Männchen / 360 Tage



Anlage 22

Lernkurve: Männchen / 500 Tage

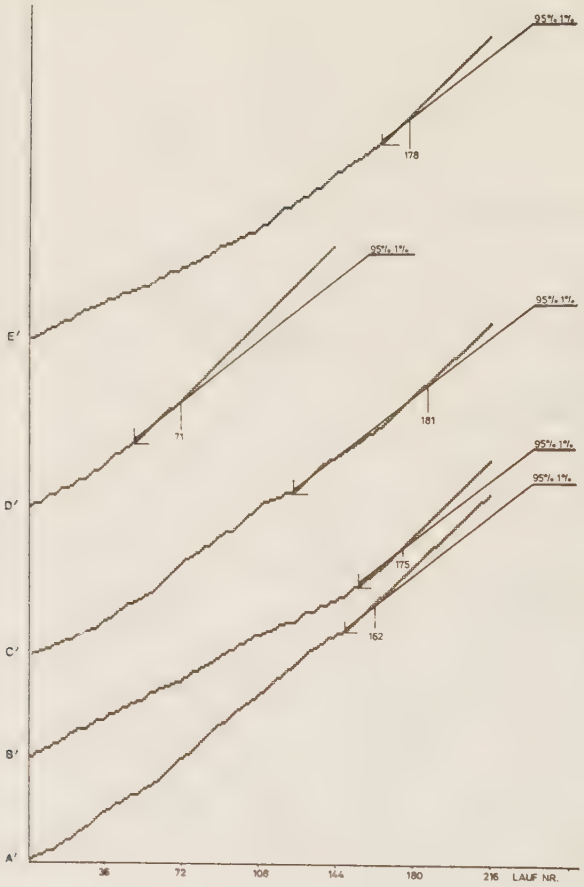


Versuchsergebnisse kastrierter und drogenbehandelter Tiere (Überblick)

Alter (Tage)	Tier	Anzahl d.Läufe	Mittelw./ Standard.	Tier	Anzahl d.Läufe	Mittelw./ Standard.	Sign. d.Diff. (p<0,05)
	Kastrierte Männchen:			Kontrolltiere:			
360	A´	162		A	180		
	B´	175		B	227		
	C´	181	153,4	C	223	207,4	0,004
	D´	71	±46,2	D	193	±20,2	
	E´	178		E	214		
	Haloperidol-behandelte Weibchen:			Kontrolltiere:			
40	a´´	392		a	273		
	b´´	383	419,5	b	282	229,3	0,014
	c´´	450	±37,2	c	202	±58,4	
	d´´	453		d	160		
	Nach Absetzen der Haloperidolbehandlung:						
	a´´	32					
	b´´	23	59,5				
	c´´	90	±37,2				
	d´´	93					
	N-Acetyl-Glucosamin-behandelte Weibchen:			Kontrolltiere:			
40	a´	210		a	273		
	b´	203	205,3	b	282	229,3	n.s.
	c´	224	±16,6	c	202	±58,4	
	d´	184		d	160		
65	a´	215		a	236		
	b´	146		b	220		
	c´	136		c	300		
	d´	113	133,8	d	251	222,7	0,007
	e´	115	±46,1	e	246	±57,3	
	f´	78		f	188		
				g	118		
360	a´	169	169,5	a	278		
	b´	170	± 0,7	b	289		
				c	247	245,3	n.s.
				d	264	±56,0	
				e	259		
				f	135		

Anlage 24

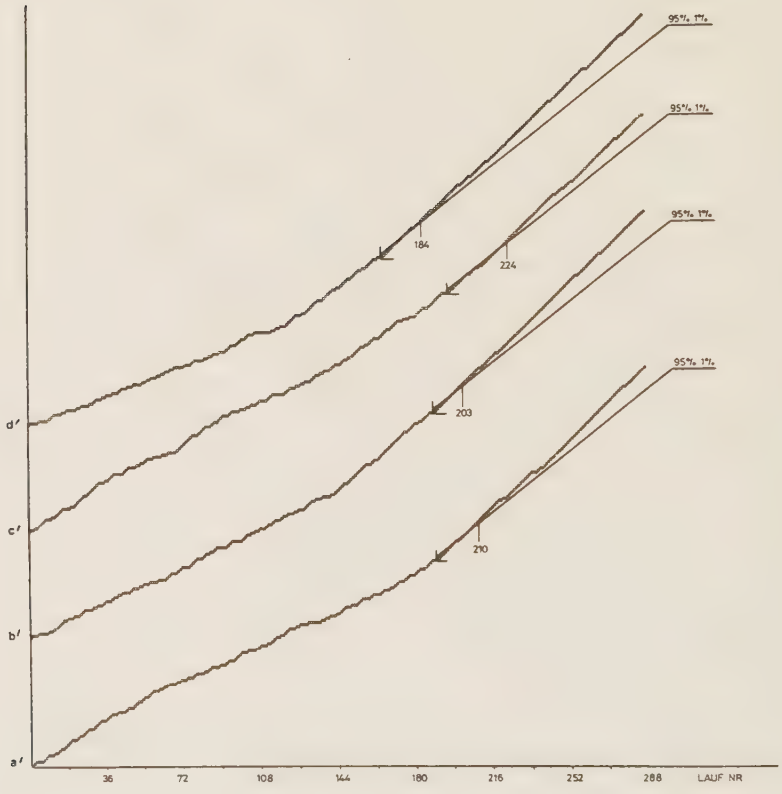
Lernkurven: Kastrierte Männchen / 360 Tage



Lernkurven: Haloperidol-behandelte Weibchen / 40 Tage
(Absetzen der Drogenbehandlung vom 360. Lauf an)

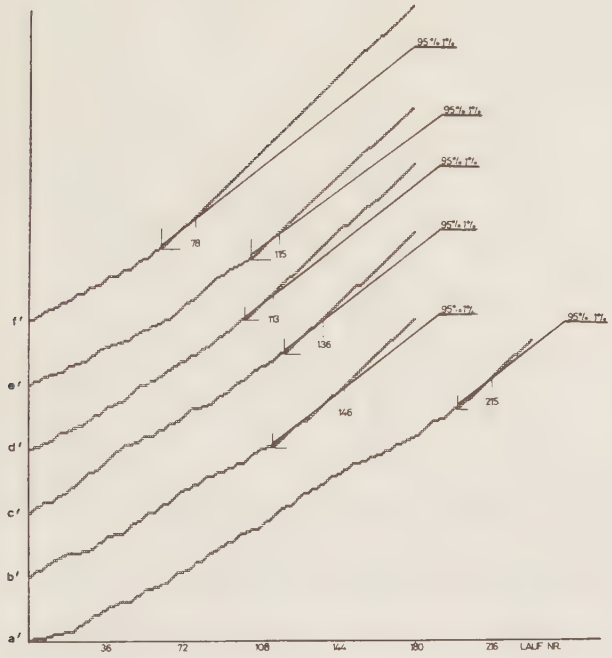
Anlage 26

Lernkurven: N-Acetyl-Glucosamin-behandelte Weibchen /
40 Tage



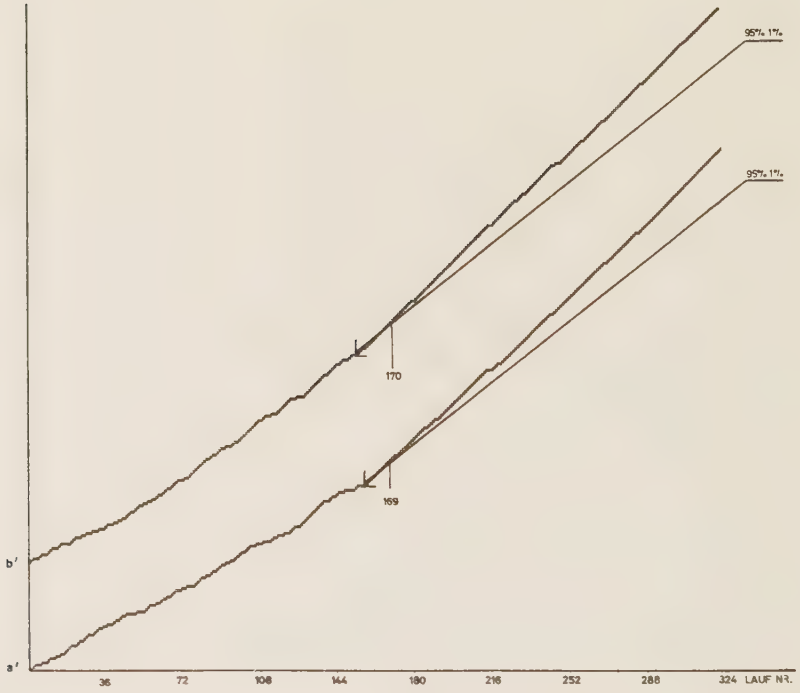
Anlage 27

Lernkurven: N-Acetyl-Glucosamin-behandelte Weibchen /
65 Tage



Anlage 28

Lernkurven: N-Acetyl-Glucosamin-behandelte Weibchen /
360 Tage



Ergebnisse der Versuchsserien der Männchen und Weibchen

Rangbeziehungen zwischen Männchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A - B	18 : 2	+16
A - E	18 : 2	+16
A - C	19 : 1	+18
A - D	19 : 1	+18
B - A	2 : 18	-16
B - C	20 : 0	+20
B - D	14 : 6	+ 8
B - E	19 : 1	+18
C - A	1 : 19	-18
C - B	0 : 20	-20
C - D	18 : 2	+16
C - E	17 : 3	+14
D - A	1 : 19	-18
D - B	6 : 14	- 8
D - C	2 : 18	-16
D - E	18 : 2	+16
E - B	1 : 19	-18
E - C	3 : 17	-14
E - D	2 : 18	-16
E - A	2 : 18	-16

Rangbeziehungen zwischen Weibchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
a - b	17 : 3	+14
a - c	19 : 1	+18
b - a	3 : 17	-14
b - c	18 : 2	+16
c - a	1 : 19	-18
c - b	2 : 18	-16

Rangbeziehungen zwischen Männchen und Weibchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A - a´	13 : 7	+ 6
A - b´	11 : 9	+ 2
A - c´	13 : 7	+ 6
B - a´	11 : 9	+ 2
B - b´	2 : 18	-16
B - c´	3 : 17	-14
C - a´	6 : 14	- 8
C - b´	5 : 15	-10
C - c´	4 : 16	-12
D - a´	0 : 20	-20
D - b´	2 : 18	-16
D - c´	9 : 11	- 2
E - a´	0 : 20	-20
E - b´	0 : 20	-20
E - c´	2 : 18	-16

Rangbeziehungen zwischen Weibchen und Männchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
a´: A	7 : 13	- 6
a´: B	9 : 11	- 2
a´: C	14 : 6	+ 8
a´: D	20 : 0	+20
a´: E	20 : 0	+20
b´: A	9 : 11	- 2
b´: B	18 : 2	+16
b´: C	15 : 5	+10
b´: D	18 : 2	+16
b´: E	20 : 0	+20
c´: A	7 : 13	- 6
c´: B	17 : 3	+14
c´: C	16 : 4	+12
c´: D	11 : 9	+ 2
c´: E	18 : 2	+16

Ergebnisse der Versuchsserien bei Haloperidol-Behandlung und bei kastrierten Männchen

VT A 3 x 0,5 mg Haloperidol

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A - B	17 : 2	+14
A - E	15 : 5	+10
A - C	19 : 1	+18
A - D	20 : 0	+20
B - A	3 : 17	-14
B - C	20 : 0	+20
B - D	15 : 5	+10
B - E	20 : 0	+20
C - A	1 : 19	-18
C - B	0 : 20	-20
C - D	20 : 0	+20
C - E	13 : 7	+ 6
D - A	0 : 20	-20
D - B	5 : 15	-10
D - C	0 : 20	-20
D - E	17 : 3	+14
E - B	0 : 20	-20
E - C	7 : 13	- 6
E - D	3 : 17	-14
E - A	5 : 15	-10

VT A 3 x 1,0 mg Haloperidol

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A - B	3 : 17	-14
A - E	0 : 20	-20
A - C	0 : 20	-20
A - D	1 : 19	-18
B - A	17 : 3	+14
B - C	20 : 0	+20
B - D	13 : 7	+ 6
B - E	18 : 2	+16
C - A	20 : 0	+20
C - B	0 : 20	-20
C - D	17 : 3	+14
C - E	2 : 18	-16
D - A	19 : 1	+18
D - B	7 : 13	- 6
D - C	3 : 17	-14
D - E	20 : 0	+20
E - B	2 : 18	-16
E - C	18 : 2	+16
E - D	0 : 20	-20
E - A	20 : 0	+20

VT A ohne Haloperidol

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A - B	16 : 4	+12
A - E	20 : 0	+20
A - C	19 : 1	+18
A - D	15 : 5	+10
B - A	4 : 16	-12
B - C	20 : 0	+20
B - D	14 : 6	+ 8
B - E	19 : 1	+18
C - A	1 : 19	-18
C - B	0 : 20	-20
C - D	1 : 19	-18
C - E	0 : 20	-20
D - A	5 : 15	-10
D - B	6 : 14	- 8
D - C	19 : 1	+18
D - E	18 : 2	+16
E - B	1 : 19	-18
E - C	20 : 0	+20
E - D	2 : 18	-16
E - A	0 : 20	-20

Kastrierte Männchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A´- B´	15 : 5	+10
A´- C´	19 : 1	+18
A´- D´	20 : 0	+20
A´- E´	20 : 0	+20
B´- A´	5 : 15	-10
B´- C´	10 : 10	0
B´- D´	16 : 4	+12
B´- E´	17 : 3	+14
C´- A´	1 : 19	-18
C´- B´	10 : 10	0
C´- D´	19 : 1	+18
C´- E´	11 : 9	+ 2
D´- A´	0 : 20	-20
D´- B´	4 : 16	-12
D´- C´	1 : 19	-18
D´- E´	14 : 6	+ 8
E´- A´	0 : 20	-20
E´- B´	3 : 17	-14
E´- D´	6 : 14	- 8
E´- C´	9 : 11	- 2

Ergebnisse der Versuchsserien kastrierter Männchen in Konkurrenz mit normalen Männchen und Weibchen

Rangbeziehungen zwischen kastrierten Männchen und Männchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A´- A	15 : 5	+10
A´- B	17 : 3	+14
A´- C	17 : 3	+14
A´- D	20 : 0	+20
A´- E	20 : 0	+20
B´- C	10 : 10	0
B´- D	11 : 9	+ 2
B´- B	17 : 3	+14
B´- A	18 : 2	+16
B´- E	20 : 0	+20
C´- A	0 : 20	-20
C´- B	0 : 20	-20
C´- C	0 : 20	-20
C´- D	0 : 20	-20
C´- E	20 : 0	+20
D´- A	1 : 19	-18
D´- B	0 : 20	-20
D´- C	0 : 20	-20
D´- D	0 : 20	-20
D´- E	0 : 20	-20
E´- A	0 : 20	-20
E´- B	0 : 20	-20
E´- C	0 : 20	-20
E´- D	0 : 20	-20
E´- E	2 : 18	-16

Rangbeziehungen zwischen Männchen und kastrierten Männchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A - D´	19 : 1	+18
A - E´	20 : 0	+20
A - C´	20 : 0	+20
A - A´	5 : 15	-10
A - B´	2 : 18	-16
B - E´	20 : 0	+20
B - C´	20 : 0	+20
B - A´	3 : 17	-14
B - B´	3 : 17	-14
B - D´	20 : 0	+20
C - A´	3 : 17	-14
C - B´	10 : 10	0
C - D´	20 : 0	+20
C - E´	20 : 0	+20
C - C´	20 : 0	+20
D - B´	9 : 11	- 2
D - D´	20 : 0	+20
D - E´	20 : 0	+20
D - C´	20 : 0	+20
D - A´	0 : 20	-20
E - C´	0 : 20	-20
E - A´	0 : 20	-20
E - B´	0 : 20	-20
E - D´	20 : 0	+20
E - E´	18 : 2	+16

Rangbeziehungen zwischen kastrierten Männchen und Weibchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
A´- a	0 : 20	-20
A´- b	0 : 20	-20
A´- c	0 : 20	-20
B´- a	0 : 20	-20
B´- b	2 : 18	-16
B´- c	0 : 20	-20
C´- a	2 : 18	-16
C´- b	16 : 4	+12
C´- c	19 : 1	+18
D´- a	4 : 16	-12
D´- b	4 : 16	-12
D´- c	6 : 14	- 8
E´- a	3 : 17	-14
E´- b	2 : 18	-16
E´- c	9 : 11	- 2

Rangbeziehungen zwischen Weibchen und kastrierten Männchen

Paarung:	Ergebnis:	Differenz:
a - A´	20 : 0	+20
a - B´	20 : 0	+20
a - C´	18 : 2	+16
a - D´	16 : 4	+12
a - E´	17 : 3	+14
b - A´	20 : 0	+20
b - B´	18 : 2	+16
b - C´	4 : 16	-12
b - D´	16 : 4	+12
b - E´	18 : 2	+16
c - A´	20 : 0	+20
c - B´	20 : 0	+20
c - C´	1 : 19	-18
c - D´	14 : 6	+ 8
c - E´	11 : 9	+ 2

Lebenslauf

Name: Jankov
Vorname: Peter
Geboren: 18. Dezember 1955 in Budapest/Ungarn
Vater: Peter Jankov
Mutter: Viktoria Jankov, geb. Czinczar
Ehefrau: Hildegard Birgit Jankov, geb. Anders
Kind: Kathrin Judith Jankov

Schulausbildung:

Von 1962 bis 1967 besuchte ich die Grundschule in Budapest/Ungarn, von 1968 bis 1970 die Hauptschule in Köngen (Krs. Esslingen am Neckar).
1970 wurde ich in das Staatliche Aufbaugymnasium in Schwäbisch Gmünd aufgenommen. 1976 legte ich die Reifeprüfung ab.

Studium und Berufsausbildung:

Im WS 1976/77 begann ich das Studium der Fächer Biologie und Sportwissenschaften an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen.
Am 28. Mai 1982 schloß ich mein Studium mit der wissenschaftlichen Prüfung für das Lehramt an Gymnasien ab.
Vom 17. August 1982 bis 30. Januar 1984 absolvierte ich die pädagogische Ausbildung für das Lehramt an Gymnasien als Studienreferendar im Seminarbereich Tübingen.
Vom SS 1982 bis WS 1984/85 Promotion am Institut für Biologie III, Lehrstuhl Zoophysiologie, unter Anleitung von Professor Dr. R. Apfelbach.

Tübingen, August 1984 Peter Jankov

Akademische Lehrer

Professor Dr. D. Ammermann
Dr. R. Agerer
Professor Dr. R. Apfelbach
Professor Dr. F. W. Bentrup
Dr. D. Bunke
Professor Dr. W. Engels
Dr. H. Erkert
Dr. H. D. Frey
Professor Dr. K. G. Grell
Professor Dr. A. Hager
Professor Dr. W. Harder
Professor Dr. E. Kulzer
Dr. P. Lange
Dr. W. Mayer
Professor Dr. F. P. Möhres
Professor Dr. H. Netzel
Prof. Dr. F. Oberwinkler
Dr. W. Rähle
Dr. B. Röttger
Professor Dr. W. Seyffert
Professor Dr. H. U. Seitz
Professor Dr. K. Schmidt-Koenig
Professor Dr. B. Schwemmle

Druck und Verarbeitung: copy shop, darmstadt, tel. 21353